

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Факультет електроніки
(назва факультету, інституту)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем
(назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри, проф.

 __С.А.Найда

«01»червня 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності (спеціалізації) 171 – Електроніка

на тему: "Дослідження ефектів акустичних впливів на активність головного мозку"

Виконав: студент IV курсу, групи Дг-г61-1

Кіндрат Юрій Володимирович

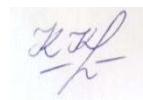


Керівник: доц. кафедри АМЕС, к.т.н., Дрозденко К.С.



Консультант _____
(назва розділу) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент доц. кафедри ЕПС, к.т.н., доц. Клен К.С.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)



Засвідчую, що у цій бакалаврській роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент



Київ – 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Факультет Електроніки

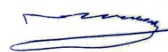
Кафедра Акустичних та мультимедійних електронних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація) 171 – Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.



__С.А.Найда

«01»червня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти студенту

Кіндрату Юрію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження ефектів акустичних впливів на активність головного мозку

керівник проекту (роботи) Дрозденко Катерина Сергіївна, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1196-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи): Фрагменти музичних творів різних стилів

4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) 1.Слух і сприйняття звуку. 2.Основи електроенцефалографії. 3.Керування фізіологічними та психологічними станами за допомогою акустичних впливів. 4. Експериментальне дослідження активності головного мозку під дією різних музично-акустичних впливів.

5.Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Ілюстративний матеріал (презентація в Power Point).

6. Перелік наукових публікацій:

7. Дата видачі завдання 13 квітня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Слух і сприйняття звуку	5.05.2020	виконано
2	Основи електроенцефалографії	19.05.2020р.	виконано
3	Керування фізіологічними та психологічними станами за допомогою акустичних впливів	29.05.2020р.	виконано
4	Експериментальне дослідження активності головного мозку під дією різних музично-акустичних впливів	5.06.2020р.	виконано
5.	Оформлення пояснювальної записки до дипломної роботи та ілюстративного матеріалу	9.06.2020р.	виконано

Студент гр. ДГ-г61-1



Юрій КИНДРАТ

Керівник роботи



Катерина ДРОЗДЕНКО

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

студента кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем
факультету електроніки Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського»

Кіндрата Юрія Володимировича

на тему: «Дослідження ефектів акустичних впливів на активність
головного мозку»

Київ – 2020

РЕФЕРАТ

Дослідження ефектів акустичних впливів на активність головного мозку // Дипломна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр». Кіндрат Ю. В. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Факультет електроніки, кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем, група Дг-гб1-1. – К.:НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2020 с. – 62, рис. – 18, табл. – 5.

В роботі розглянуті впливи музичних фрагментів різних стилів на активність головного мозку людини. Досліджено динаміку ритмів біологічної активності головного мозку шляхом порівняння електроенцефалограми до, під час, а також після прослуховування різних музично-акустичних впливів, що може бути використано в музичній терапії для лікування та реабілітації пацієнтів. Також в роботі приділено увагу вивченню питань, пов'язаних з роботою слухового апарату людини, особливостям сприйняття звуку, основам електроенцефалографії.

Ключові слова: електроенцефалографія, електроенцефалограма, активність головного мозку, ритми головного мозку, музична терапія.

ABSTRACT

Research of effects of acoustic influences on brain activity // Graduate work for obtaining the degree of higher education "bachelor". Kindrat Y. V. National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Faculty of Electronics, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, DG-g61-1 group. - K.: NTUU "KPI", 2020 p. - 62, fig. - 18, tab. - 5.

The paper considers the effects of musical fragments of different styles on the activity of the human brain. The dynamics of rhythms of biological activity of the brain was studied by comparing the electroencephalogram before, during and after listening to different musical and acoustic influences, which can be used in music therapy for the treatment and rehabilitation of patients. Also in the work attention is paid to the study of issues related to the work of the human auditory system, the peculiarities of sound perception, the basics of electroencephalography.

Key words: electroencephalography, electroencephalogram, brain activity, brain rhythms, music therapy.

ЗМІСТ

Вступ	8
Розділ 1. Слух і сприйняття звуку.....	11
1.1.Анатомічна будова і основні функції вуха людини	11
1.1.1. Зовнішнє вухо.....	12
1.1.2. Середнє вухо.....	12
1.1.3. Внутрішнє вухо	14
1.2. Будова аферентної слухової системи.....	15
1.3. Особливості сприйняття звуку людиною.....	18
1.3.1 Бінауральний слух.....	18
1.3.2 Вплив різних частот на мозок людини.....	20
1.4. Висновки.....	22
Розділ 2. Основи електроенцефалографії.....	23
2.1. Ритми головного мозку.....	23
2.1.1 Альфа ритм.....	25
2.1.2 Бета ритми.....	25
2.1.3 Повільні ритми.....	25
2.2. Методика запису електроенцефалограми	26
2.2.1 Загальна методика запису електроенцефалограми	26
2.2.2 Методика накладання електродів	27
2.2.3. Структурна схема електроенцефалографа.....	30
2.2.4. Артефакти при записі електроенцефалограми	30
2.3. Обробка електроенцефалограми	32
2.4. Висновки	35
Розділ 3. Керування фізіологічними та психологічними станами за допомогою акустичних впливів.....	37
3.1. Музична терапія	37
3.1.1. Особливості сприйняття і обробки музики людиною.....	37
3.1.2. Музика та емоції	39

3.1.3 Клінічні ефекти прослуховування музики.....	39
3.2. Адаптивне біокерування зі зворотнім зв'язком	40
3.3. Ефект Моцарта	43
3.4. Висновки	45
Розділ 4. Експериментальне дослідження активності головного мозку під дією різних музично-акустичних впливів	46
4.1 Вплив класичної музики на електроенцефалограму людини.....	49
4.2 Вплив рок музики на електроенцефалограму людини.....	51
4.3 Вплив поп музики на електроенцефалограму людини.....	52
4.4 Порівняння змін в електроенцефалограмі для класичної музики в ладах мінор та мажор	54
4.5 Висновки	55
Висновки	57
Література	59

ВСТУП

У сучасному світі людина дуже часто потрапляє у стресові ситуації через велику кількість зовнішніх чинників. Це може призводити до погіршення функціонального стану, викликати різні захворювання та розлади у нормальній роботі людського організму.

На сьогоднішній день існує багато методів для лікування та реабілітації психофізичного здоров'я людини. Серед них окремо хочеться виділити музичну терапію, яка має цілий ряд переваг. В першу чергу, даний метод є відносно недорогим. Він не має ніяких обмежень по віку, статі та стану здоров'я. Також дуже важливою перевагою є те, що даний метод є неінвазивним та безпрепаратним, а отже, є повністю безпечним, не має побічних впливів та не викликає звикання. Прослуховування правильно підібраних музичних творів здатне полегшувати і розвивати комунікацію, стосунки, самовираження, організацію, розвивати потенційні можливості або відновлювати функції людини з метою покращення її життя.

Тому дослідження ефектів, які чинять музично-акустичних впливи різних стилів, ритмів, темпу та ладів на активність головного мозку людини з метою покращення функціонального стану, його нейрофізіологічної корекції або психологічної реабілітації є дуже актуальним.

Дипломна робота "Дослідження ефектів акустичних впливів на активність головного мозку" на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» складається з чотирьох розділів.

В першому розділі детально розглянуті питання будови вуха і аферентної слухової системи людини, механізму сприйняття звуку. Приділено увагу особливостям сприйняття звуку та механізмам його обробки.

У другому розділі представлені основи електроенцефалографії, розглянуті основні поняття та методики, які застосовуються при записі електроенцефалограми, описані основні ритми, які супроводжують біоелектричну активність головного мозку. Окремо виділено декілька методів, які застосовують при обробці електроенцефалограми.

Третій розділ присвячений вивченню можливості керування фізіологічними та психологічними станами за допомогою акустичних впливів. В ньому детально описані методи впливу та корекції психофізичного стану людини за допомогою музики з контролем електроенцефалограми. Особлива увага приділена позитивному впливу ефекту Моцарта на людину.

В четвертому розділі наведені експериментальні дослідження активності головного мозку під дією різних музично-акустичних впливів. Наведені результати експериментів по зміні параметрів електроенцефалограми при прослуховуванні певних композицій.

РОЗДІЛ 1

СЛУХ І СПРИЙНЯТТЯ ЗВУКУ

1.1 Анатомічна будова і основні функції вуха людини

Велику частину інформації, яку отримує людина із навколишнього середовища за допомогою органів чуття несуть саме звуки. Вухо – це орган, що потрібен людині для сприйняття звуку та нормального орієнтування у просторі. Людина сприймає звукові хвилі з частотами від 16 Гц до 20 кГц. Умовно вухо людини ділиться на три частини (рис. 1.1) – зовнішнє, середнє і внутрішнє.

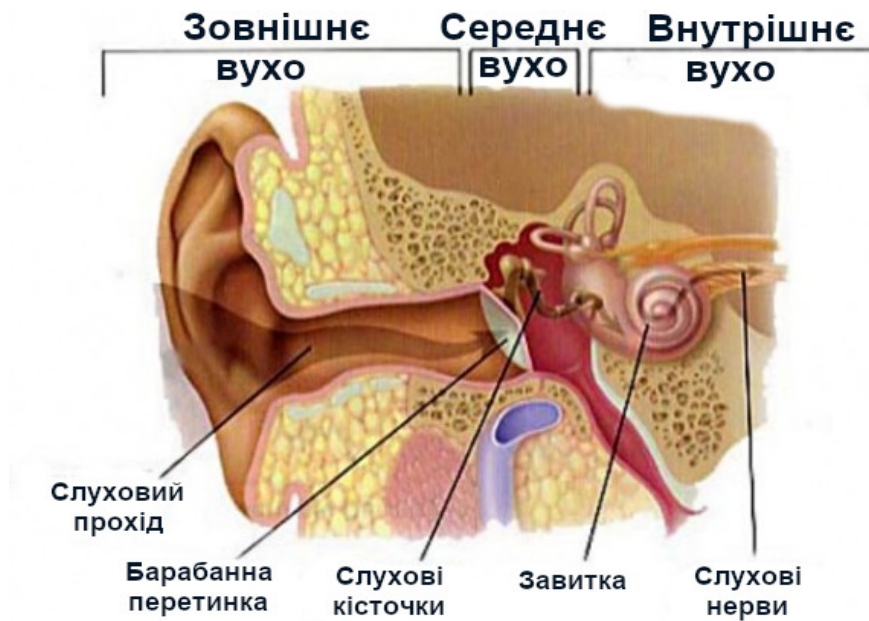


Рис. 1.1. Будова вуха людини

Кожна частина відповідає за певну функцію, наприклад зовнішнє та середнє вухо відповідає за проведення і підсилення звуків, а внутрішнє у свою чергу окрім сприйняття звуку також відповідає і за орієнтування людини у просторі.

1.1.1. Зовнішнє вухо. У зовнішнє вухо входить: вушна раковина та слуховий прохід.

Вушна раковина знаходиться зовні голови людини і спрямовує звуки до слухового проходу. Вона складається із хряща, який покритий шкірою.

Слуховий прохід – це вигнута еластична трубка приблизно 22,5 мм у довжину і 0,6 мм у діаметрі, що закінчується барабанною перетинкою. Весь канал покритий шкірою та дуже дрібним волоссям, щоб виключити можливість попадання у слуховий канал пилу комах і т.п. Він має резонансну частоту близько 2,6 кГц тому у цій області частот він суттєво підсилює звук і саме в цій області знаходиться максимальна чутливість слуху людини.

Між зовнішнім та середнім вухом знаходиться барабанна перетинка – це дуже маленька та тонка (приблизно 74 мкм) плівка, що вкрита шкірою із зовнішньої сторони (сторони слухового проходу) та слизовою оболонкою з внутрішньої. Вона має вигляд конусу, який вигнутий у сторону середнього вуха. Барабанна перетинка виконує функцію передачі звукової хвилі у середнє вухо. Під впливом звуку вона коливається і передає ці коливання на слухові кісточки, які розміщені у середньому вусі. На низьких частотах барабанна перетинка рухається подібно поршню, на більш високих у ній утворюється складна система вузлових ліній, що також відіграє велику роль для підсилення звуку у вусі.

1.1.2. Середнє вухо. Середнє вухо – це заповнена повітрям і покрита слизовою оболонкою порожнеча у скроневій кістці.

До складу середнього вуха входять барабанна порожнина, слухові кісточки й слухова труба.

Барабанна порожнина розташовується в піраміді скроневої кістки і являє собою щілиноподібну порожнину неправильної форми ємністю в 0,75 мл. Вона вистелена слизуватою оболонкою, має 6 стінок і в ній розташовуються слухові кісточки.

Стінки середнього вуха:

- покрівельна (покрівля барабанної порожнини) або верхня,
- барабанна (утворена барабанною перетинкою) – зовнішня,
- соскоподібна (граничить із соскоподібним відростком) – задня,
- сонна (тут перебуває внутрішній сонний отвір) – передня,
- яремна (відповідає яремній ямці) – нижня,
- лабіринтна (частина кісткового лабіринту внутрішнього вуха, на ній знаходяться два отвори: круглий та овальний) – внутрішня.[1]

У середньому вусі знаходиться три маленькі кістки – молоточок; коваделко; стремінець(рис 1.2).

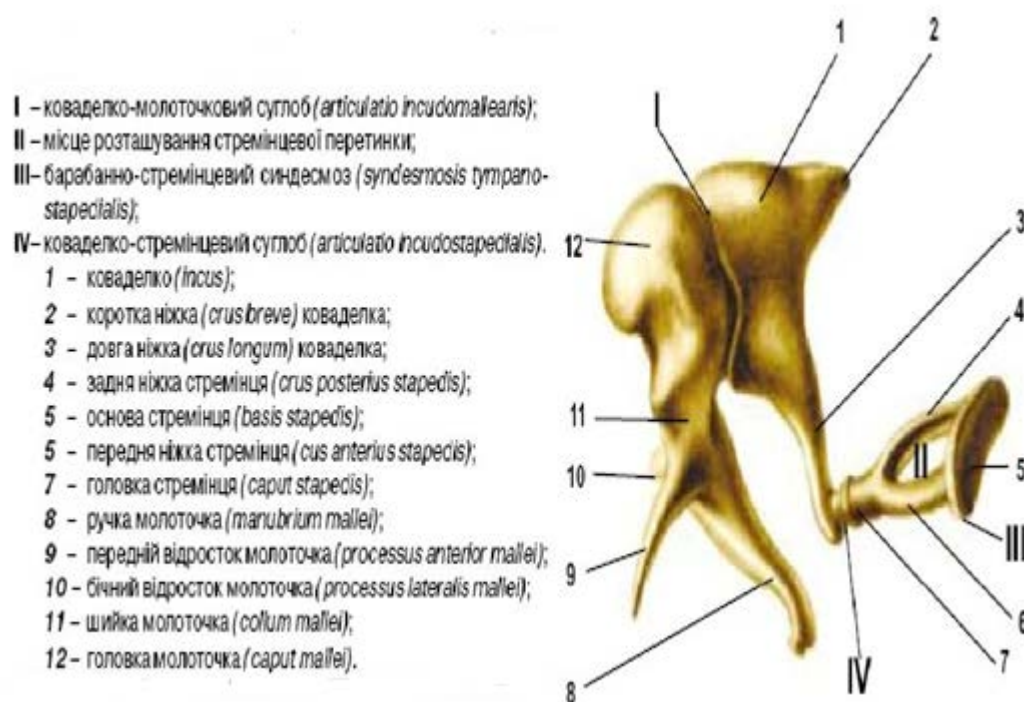


Рис 1.2 Слухові кісточки[2]

Молоточок приєднаний одним кінцем до барабанної перетинки, а іншим кінцем до коваделка коваделко-молоточковим суглобом. Коваделко, у свою чергу, приєднане до стремінця, яке кріпиться до овального вікна внутрішнього вуха. Основна функція цих кісточок полягає у передачі коливань барабанної перетинки на перетинку овального вікна. Оскільки перетинка овального вікна має площу в 22 рази меншу ніж барабанна перетинка відбувається значне підсилення звукового тиску – приблизно на 38 дБ порівняно з рівнем звукового тиску, що потрапляє на барабанну перетинку.

Також середнє вухо з'єднано з носоглоткою євстахієвою трубою, яка вирівнює тиск у середньому вусі з тиском у зовнішньому середовищі. Це робиться для того, щоб барабанна перетинка могла нормально коливатися, навіть при зміні зовнішнього тиску. Саме відчуття «закладених» вух і з'являється при різниці тисків, коли людина злітає або приземляється на літаку і т.п. В основному ця труба закрита і відкривається тільки тоді, коли людина зіває або ковтає.

1.1.3. Внутрішнє вухо. Внутрішнє вухо або лабіринт (рис. 1.3) знаходиться глибоко позаду очних впадин у скроневій кістці. Воно складається з органу рівноваги (вестибулярний апарат) та завитки. Завитка відіграє основну роль у сприйнятті звуку людиною.

Завитка являє собою трубку довжиною приблизно 3,5 см і закручену приблизно у 2,75 оберти. Всередині завитки має дуже складну структуру і ділиться на три частини заповнені ендолімфою та перилімфою і розділені тонкими мембранами:

- 1) Присінкові сходи;
- 2) Середні сходи;
- 3) Барабанні сходи.

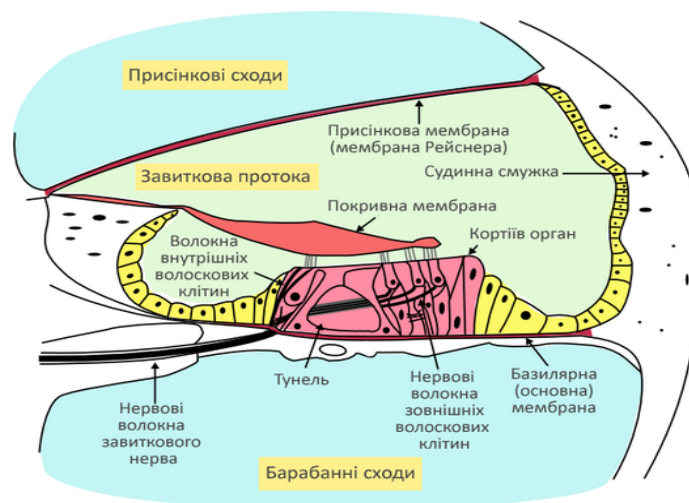


Рис. 1.3. Будова внутрішнього вуха людини

Верхня частина відділяється від середньої мембраною Рейснера, а середня від нижньої базилярною мембраною. Верхня порожнина завитки з'єднується з нижньою за допомогою отвору – гелікотреми. Кожна з цих порожнин приєднується до середнього вуха отвором (вікном), барабанні сходи знаходяться під завитковою протокою і з'єднані з середнім вухом за допомогою круглого вікна (тонкою мембраною). Присінкові води з'єднані з овальним вікном, до якого під'єднане стремінце і передає звукові коливання до внутрішнього вуха. Дуже важливу роль у звукосприйнятті відіграє базилярна мембрана. Вона складається із декількох тисяч поперечних волокон і сягає 32 мм в довжину. Базилярна мембрана найбільш вузька біля основи завитки (приблизно 0,05 мм) цей кінець легкий та жорсткий, а найбільш широка біля її кінця (приблизно 0,5 мм) цей кінець товще та м'якше. Це пов'язано з тим, що коли стремінце середнього вуха коливається, від нього по базилярній мембрані розповсюджується коливальна хвиля, схожа по формі на хвилю на поверхні води і амплітуда цієї хвилі стає набагато більше тільки у певних місцях цієї мембрани відповідно до частоти прийнятого звуку. Кожна частина мембрани резонує тільки на певній частоті. По всій довжині базилярної мембрани розташований Кортіів орган. Це надзвичайно складний і чутливий орган, який складається із декількох рядів слухових клітин з маленькими віями на їх верхівках. Коли базилярна мембрана вібрує, вії на волоскових (слухових) клітинах згинаються, саме це і генерує потік електричних нервових імпульсів, що несуть всю необхідну інформацію про звук, що поступив до вуха людини.

1.2. Будова аферентної слухової системи

Є два способи проникнення звукової енергії до внутрішнього вуха людини:

- Повітряне звукопроведення;
- Кісткове звукопроведення

При повітряному звукопроведенні загальний механізм передачі звуку можна представити так: звукові хвилі проходять через слуховий прохід і

збуджують коливання барабанної перетинки. З барабанної перетинки ці коливання проходять через систему маленьких кісточок середнього вуха та передаються до овального вікна, яке у свою чергу, штовхає рідину у верхньому відділі завитки (приснікові сходи). В ньому виникає імпульс тиску і змушує рідину переливатися з верхньої частини завитки у нижню через гелікотрему і чинить тиск на перетинку круглого вікна, викликаючи при цьому його зміщення в сторону. Рух рідини викликає коливання базилярної мембрани. Коливання базилярної мембрани викликають згинання війок на волоскових клітинах в органі Корті і це генерує електричний потенціал, що викликає потік електричних нервових імпульсів, які і несуть всю інформацію про сигнал, що надійшов до нашого вуха у головний мозок. Мозок обробляє цей сигнал: виділяє корисні звукові сигнали на тлі шумів, групує їх за певними ознаками, визначає їх інформативну цінність, порівнює з наявними в пам'яті образами та приймає рішення про відповідні дії.

Кісткове звукопроведення відрізняється від повітряного тим, що звук, не проходячи зовнішнє і середнє вухо, потрапляє відразу до завитки. При надходженні звуків в вухо шляхом кісткового звукопроведення, звукові коливання поширюються по кісткам та тканинам голови. Стінки завитки під дією цих вібрацій також починають вібрувати та передають цю вібрацію до рідин, що знаходяться в її середині. Далі механізм передачі інформації у мозок людини такий же, як і у повітряному звукопроведенні. Цікавий факт – ми чуємо наш голос на записі диктофону іншим саме через те, що всі звуки, які ми говоримо, надходять до нас саме завдяки кістковій звукопровідності. Кістки черепа краще проводять низькі частоти ніж високі, через це нам здається, що наш голос більш низький та глибокий ніж на записі, або як нас чують оточуючі. Після проходження завитки, звук у виді електричних імпульсів попадає до слухового нерва, саме з нього і починається проміжний відділ органу слуху.

Проміжний відділ органу слуху бере свій початок від слухового нерву і закінчується у корі головного мозку людини. (рис. 1.4).

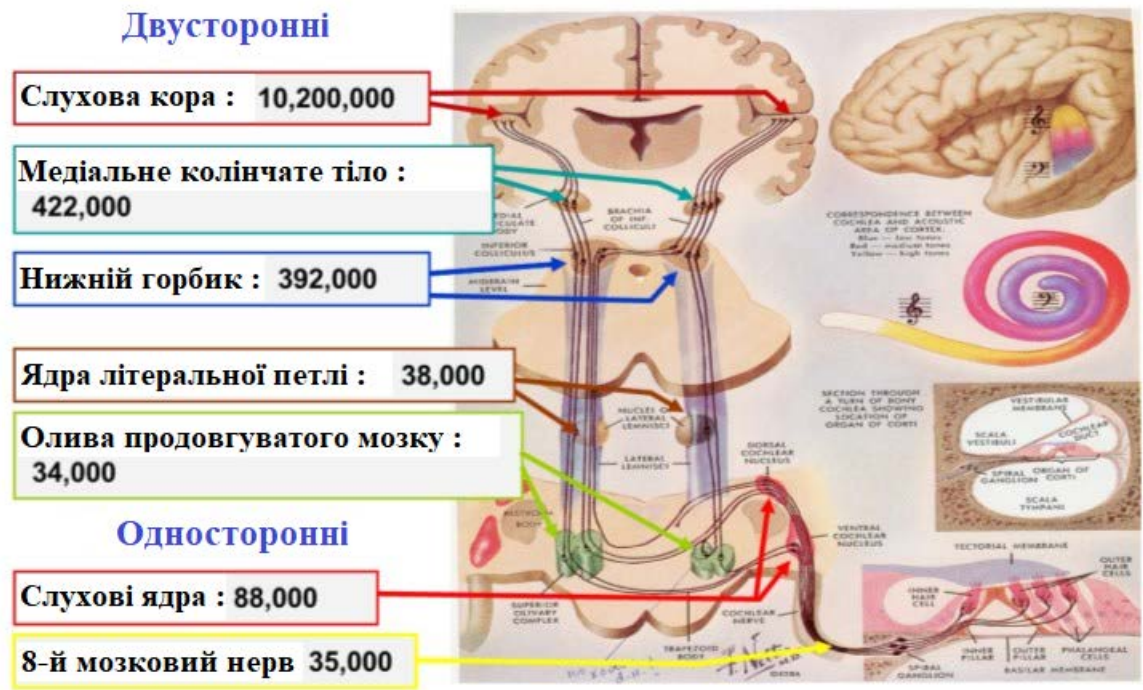


Рис. 1.4. Будова аферентної слухової системи [3]:

Його можна умовно поділити на 4 відрізки. До кортієвого органу підходять нервові волокна зі спірального нервового вузла. Кожен нейрон цього нерва розташований спірально по осі завитки і разом вони утворюють спіральний ганглії. Кожна клітина складається з двох відростків. Одні з них (аксони) утворюють слуховий нерв, а інші направляються до Кортієвого органу і підходять до невеликої групи слухових клітин. Слуховий нерв виходячи із внутрішнього вуха продовжує тягнутися через порожнину черепа і проникає в основу мозку, там він під'єднується до слухових ядер. Так і закінчується перша умовна частина проміжного відділу органу слуху.

Слухові ядра – це останні утворення слухового апарату, що отримують нервові імпульси тільки від вуха. Інші відділи слухового аналізатора вже починають взаємодіяти з нейронами інших сенсорних систем, таких як зона пам'яті, зона мови та іншими.

Друга частина проміжного відділу починається від слухових ядер, частина нервових волокон з цієї частини і далі продовжує іти стороною вуха, яке почуло цей звук, а інша частина волокон (більша) переходить на сторону

іншого вуха. Далі нервові волокна ідуть до оливи продовгуватого мозку. Там і закінчується друга умовна частина відділу і починається третя.

Третій відділ аналізатора закінчується у підкіркових слухових центрах – нижніх горбках та колінчатих тілах і тут починається остання – четверта частина відділу, що закінчується у скроневій частині мозку – кірковій частині слухового аналізатора.

Кількість нервових клітин у кожній частині проміжного відділу слуху різна. Чим ближче відділ знаходиться до скроневого відділу, тим більше нейронів він має. Ось наприклад у слуховому нерві приблизна кількість нейронів дорівнює 35000, а у підкіркових слухових центрах кількість варіюється від 390000 до 420000.

1.3. Особливості сприйняття звуку людиною

1.3.1 Бінауральний слух. Центральний відділ слухового аналізатора знаходиться в корі верхнього відділу скроневої долі кожної півкулі головного мозку. Як було сказано раніше, у проміжному відділі слухової системи відбувається перехрест нервових волокон, що з'єднують внутрішнє вухо з центральним відділом слухового аналізатора. Нервові імпульси від лівого вуха йдуть головним чином до правої півкулі головного мозку, а імпульси з правого вуха до лівої. Це відіграє дуже важливу функцію у сприйнятті людиною звуків.

Слухові зони кожної півкулі головного мозку виконують хоч і схожу, проте різну роботу. Ось, наприклад, ліва півкуля головного мозку, а отже і праве вухо є домінантним на сприйняття людської мови. Вченими було доведено, що праве вухо краще сприймає високочастотні звуки, окремі звуки та слова. Однак слід зазначити, що дуже важливу роль у розумінні мови відіграє не тільки домінантна півкуля. Як виявилось, інша півкуля набагато краще сприймає інтонацію, а саме, допомагає нам зрозуміти інтонаційне забарвлення речення – стверджує щось мовець або запитує, серйозно говорить або жартує. Також вона допомагає зв'язати все, що ми почули до купи, тобто зв'язати всі

слова та речення за змістом та зрозуміти сенс всього сказаного. Таким чином кожна півкуля людського мозку відповідає за аналіз певної інформації, що надійшла до людини.

Не дивлячись на те, що велика частина нейронів у проміжному відділі слухового аналізатора переходить на інший бік, між обома півкулями існує дуже багато зв'язків. Таким чином кожен Кортієв орган зв'язаний з обома півкулями головного мозку (рис. 1.5). Ці зв'язки забезпечують людині можливість слухати і правим і лівим вухом одночасно і складати все в один слуховий образ – це називається бінауральним слухом людини.



Рис. 1.5. Спрощена схема бінаурального слуху [3]:

Бінауральний слух людини виконує дуже багато функцій. Насамперед, найважливіша його функція – це забезпечення просторового сприйняття звуків. Бінауральний слух допомагає людині визначити джерело звуку з точністю до 1 кутового градуса. При сприйнятті звуків двома вухами, звуковий сигнал надходить до одного вуха пізніше ніж до іншого, а тому виникає різниця в інтенсивності сигналів та часова затримка між ними, саме це і дозволяє нам орієнтуватися звідки прийшов сигнал. При різних частотах, використовуються різні механізми сприйняття. Для локалізації звуків низької частоти використовується насамперед часова затримка між двома вухами, а для високих – різниця в інтенсивності. Ця властивість людини виконує дуже важливу життєву функцію. Локалізація джерела звуку допомагає людині уникати

небезпеки, наприклад автомобіля, що наближається. Ще одна важлива функція бінаурального слуху – це завадостійкість. За допомогою бінаурального слуху людина може виділяти звук, який вона хоче почути серед інших небажаних звуків та шумів. Всі ці дуже важливі функції можливі тільки при злагодженій роботі двох відділів слухового аналізатора.

1.3.2 Вплив різних частот на мозок людини. У літературі зустрічається багато різної інформації про вплив сигналів різних частот на мозкову діяльність та свідомість людини. Цікаві дослідження у цій області провів російський дослідник Асташко С.Е. з військово-медичної академії імені Кірова [4]. Він дослідив вплив методу бінауральної синхронізації (МБС) мозку для покращення роботи матросів строкової служби.

В даному методі використовуються бінауральні ритми для синхронізації обох півкуль головного мозку.

Бінауральні ритми – це фантомні звуки які «чує» наш мозок, в той час, як реальних звуків цієї частоти немає. Щоб домогтися такого ефекту треба включити на стереонавушниках звуковий сигнал строго певної частоти. В одне вухо подається, наприклад, сигнал частотою 225 Гц а в інший 235 Гц. За допомогою цього методу обидві півкулі мозку починають працювати синхронно і чути биття частоти в 10 Гц (235-225 Гц) – ці биття і називаються біноуральними ритмами. Щоб такі ритми були чутні різниця частот сигналів не повинна перевищувати 40 Гц. При більшій різниці частот людина буде чути просто два різних звуки різної частоти.

Синхронізація обох півкуль головного мозку дуже гарно впливає на вміння концентрації, контролю над емоціями та контролю мозку над усіма фізіологічними процесами, які відбуваються у організмі.

У літературі [4] описаний вплив ряду частот, які формуються в процесі БСМ:

10 Гц – підвищення рівня серотоніну (релаксація і зменшення болю).
Центруюча (лікувальна) частота, дозволяє нейтралізувати дію інших частот. У поєднанні з частотою 330Гц стимулює апетит;

4 Гц – підвищення рівня кате-хіламінів (стимуляція пам'яті);

15-20 Гц – проти депресії;

15 Гц – подолання синдрому зниженого уваги у дітей (стимуляція пам'яті і уваги);

5-10 Гц – глибока релаксація і позбавлення від стресу;

4-7 Гц – медитація (поліпшення самопочуття і інтуїції);

5 Гц – дозволяє поліпшувати якість сну (або 30 хвилин перед сном, або 30 хвилин перед пробудженням);

4-6 Гц – запам'ятовування інформації (словниковий запас), супровід навіювань, спрямованих на модифікацію поведінки;

6-10 Гц – для занять самогіпнозу і творчої візуалізацією;

7-9 Гц – покращує розуміння при активному слуханні;

5-7 Гц – для підпорогового програмування;

альфа плюс тета (в різних комбінаціях) – позбавлення від мігрені і ПТСР (посттравматичний стесовий розлад);

8-12 Гц (15 хвилин) швидкий глибокий відпочинок під час робочого дня;

40 Гц – покращує сприйняття по всім органам почуттів (обережно – не більше 5-ти хвилин).

Крім того, істотне значення мають несучі частоти, на яких формуються бінауральні биття, які також вносять певний внесок у формування станів організму. Наприклад, діапазон частот до 150 Гц включає в себе резонансні частоти внутрішніх органів, тому бінауральні биття в дельта діапазоні, організовані на несучих до 150Гц, можуть пригнічувати метаболічні процеси. Бінауральні биття в дельта діапазоні, організовані на несучих від 150 до 500Гц можуть пригнічувати ментальні функції. Відповідно, бінауральні биття в бета діапазоні ЕЕГ на тих же несучих будуть прискорювати метаболічні процеси і активувати свідому активність.

Дослідним шляхом встановлено, що несучі частоти: 131Гц, 147Гц, 165-169Гц можуть викликати сильну депресію (при будь-яких частотах бінаурального биття). [4]

1.4. Висновки

1. Вухо людини складається з трьох відділів:

- Зовнішнє вухо;
- Середнє вухо;
- Внутрішнє вухо.

Кожний з них виконує дуже важливу роль у сприйнятті людиною звуків. Зовнішнє вухо відповідає за спрямовування звуків до слухового каналу і барабанної перетинки. Середнє вухо відповідає за передачу коливань у внутрішнє вухо, та за вирівнювання тиску між вухом та навколишнім середовищем, для того, щоб звуки нормально передавалися навіть при зміні тиску ззовні. Внутрішнє вухо відповідає за трансформацію акустичних коливань у електричні імпульси, які вже далі потрапляють у наш мозок і аналізуються.

2. Аферентна система відповідає за переправлення електричних імпульсів від вуха до самого мозку. Вона поділена на чотири етапи в яких переплітаються нейрони правого та лівого вуха, для того, щоб мозок міг проаналізувати звуки обох сторін та скласти цілісну картину звуку.

3. Звуки з різними частотами та різною тривалістю, що використовуються зокрема в методі бінауральної синхронізації, впливають на формування станів людського організму. Вони можуть пригнічувати або прискорювати метаболічні процеси, ментальні функції, активувати або сповільнювати поведінкові реакції тощо.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВИ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЇ

2.1. Ритми головного мозку

Електроенцефалографія – це вид медичної діагностики мозку, який заснований на реєстрації електричної активності мозку та окремих його анатомічних ділянок. Даний вид дослідження застосовується в неврології, нейрофізіології. Біоелектрична активність мозку дуже мала і вимірюється в мікровольтах. Саме тому вона може бути виміряна лише за допомогою спеціальних високочутливих приладів – електроенцефалографів. [5]

Електроенцефалограф – це прилад за допомогою якого вимірюють електричні потенціали між різними точками головного мозку і записують електроенцефалограму, яка вже в свою чергу, показує біоелектричну активність мозку людини, яка обстежується.

Електроенцефалографію активно використовують для дослідження діяльності головного мозку як дорослих так і дітей. Цей метод дозволяє діагностувати і вивчати такі захворювання і стани, як епілепсія, порушення сну, втрата свідомості, струси головного мозку, неконтрольованість емоцій, гіперактивність, головні болі, мігрень, порушення пам'яті та багато інших.

Принцип роботи електроенцефалографа можна описати наступним чином. Електроенцефалограф підключений до електродів, які, в свою чергу, розміщуються на голові у пацієнта і зчитують електромагнітні імпульси «ритми» головного мозку пацієнта, передають їх на енцефалограф, підключений до комп'ютера. За допомогою спеціальної програми ці сигнали оброблюються і порівнюються з нормами для здорової людини, які вже прописані в програмі. Показники норми для кожної людини індивідуальні і залежать від багатьох факторів, таких як вік та ін.

За допомогою методів когерентного та спектрального аналізу, відбувається розшифрування енцефалограми. Вони дозволяють побачити навіть

невеликі відхилення від норм роботи мозку здорової людини та визначити труднощі між зв'язками півкуль пацієнта.

У електроенцефалографії активно застосовують термін «ритми» головного мозку, під цим поняттям розуміють певну електричну активність, яка відповідає за деякі процеси в головному мозку, за його стан та деякі церебральні механізми.

Домінуючий ритм – ритм який є найбільш вираженим при дослідженні на електроенцефалографі.

Депресія ритму – це поступове спадання амплітуд ритмів без зміни їх частотної характеристики.

Синхронізація ритму – це процес під час якого відбувається формування стабільної, впорядкованої активності головного мозку пацієнта. Такий самий процес, але який відбувається навпаки називається десинхронізацією ритму.

Спайк – це різкий сплеск гострої форми, тривалістю 5 – 50 мс і амплітудою до сотень або навіть тисяч мікрівольт. Спайки можуть мати і менші амплітуди, що залежить від розміру і глибини залягання джерела цих коливань і орієнтації цього джерела відносно реєструючих електродів. Спайки мають поверхнево-негативну фазу, тобто під електродом, під'єднаним до інвертуючого входу підсилювача, джерело цього типу потенціалів дасть на записі пік з загостреною вершиною, направленою вгору. Спайки найчастіше групуються в короткі або довші пачки, утворюючи феномен, що носить назву „множинні спайки”.[7]

Зазвичай, у здорової людини виділяють 4 основних типи біоритмів головного мозку (рис 2.1):

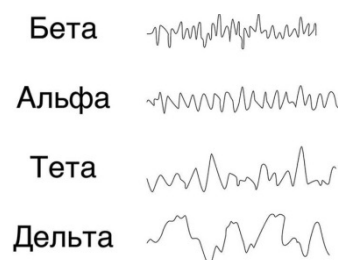


Рис 2.1. Ритми головного мозку

2.1.1. Альфа ритм – є одним з основних ритмічних компонентів електроенцефалограми (ЕЕГ), реєструється в стані пасивного неспання, більше всього виявляється при закритих очах. Частота цього ритму лежить в діапазоні 8-12 Гц, середня амплітуда у молодого дорослого дорівнює 100мкВ. Реєструється у 85-95% здорових дорослих. Найкраще виражений в потиличних відділах, спереду амплітуда поступово згасає. У більш ранніх дослідженнях було показано зв'язок індивідуальних особливостей альфа-ритму і деяких психологічних характеристик і особливостей мислення. Роботи, що проводяться в останні роки підтверджують отримані раніше дані, поширюючи отримані знання на можливий зв'язок між частотою альфа-ритму і індивідуальними здібностями до навчання та інтелектуальної діяльності.[6]

2.1.2. Бета ритм – ритм з частотою 14- 40 Гц і амплітудою до 15 мкВ є провідним ритмом активного безсоння і краще всього реєструється в області передніх центральних звивин, однак поширюється і на задні центральні та лобні звивини. Бета-ритм пов'язаний з соматичними, сенсорними, руховими корковими механізмами і дає реакцію на рухову активацію або тактильну стимуляцію. При виконанні або навіть розумовому поданні руху бета-ритм зникає в зоні відповідної коркової проекції. Нерідко розрізняють два діапазони β -ритму: β_1 з частотою 14 –18 Гц і β_2 з частотою 18-40 Гц. Звичайно β -ритм виражений достатньо слабо (3-7 мкВ) і може маскуватися шумами електроенцефалографа. [7]

2.1.3 Повільні ритми (дельта, тета-ритми) – тета-ритм з частотою 4-6 Гц і дельта-ритм з частотою 0,5-3 Гц мають амплітуду 40-300 мкВ і в нормальному стані характерні для деяких стадій сну.

Тета ритм – пов'язаний з рефлекторною діяльністю людини і реєструється при реагуванні людиною на зміни в навколишньому середовищі. Є провідним ритмом фази швидкого сну.

Дельта ритм – виявляється при тривалій розумовій роботі або стресі, є провідним ритмом глибокого сну, або коми. δ - і θ -коливання можуть в невеликій кількості і при амплітуді, яка дещо перевищує амплітуду α -ритму, зустрічатися на ЕЕГ дорослої людини, що не спить. В цьому випадку вони вказують на певне зниження рівня функціональної активності мозку. Патологічними вважають ЕЕГ, що містять δ - і θ -коливання, які перевищують за амплітудою 40 мкВ і що займають більше 15 % від загального часу реєстрації.[7]

2.2. Методика запису електроенцефалограми

2.2.1 Загальна методика запису електроенцефалограми. Методика запису ЕЕГ базується на реєструванні електричних потенціалів на різних частинах голови пацієнта.

На голову пацієнта одягаються електроди, які здатні реєструвати електричні сплески, які йдуть від голови людини(рис 2.2).

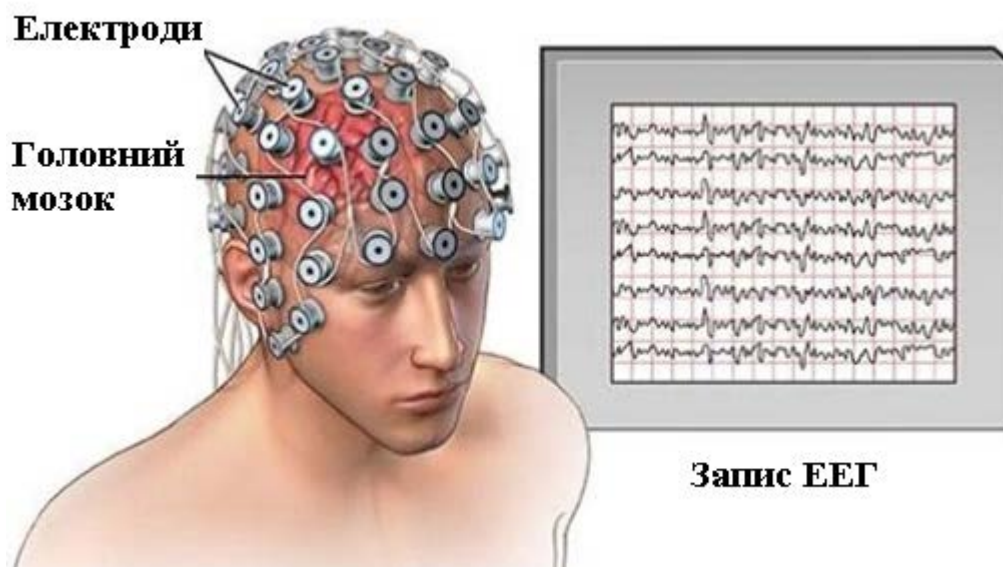


Рис 2.2. Запис ЕЕГ

1 – електроди, 2 – головний мозок, 3 – запис ЕЕГ

Мозкова активність людини відбувається за рахунок взаємодії між собою нейронів, які передають інформацію у вигляді електричного сигналу, саме ці сигнали і реєструють електроди і передають інформацію на енцефалограф який підсилює сигнал і передає його далі на комп'ютер. На комп'ютері ці сигнали зображаються як графіки коливального процесу активності мозку.

Як правило електроди одягаються на голову за допомогою спеціального шолома, в який ці електроди і вставляються. Для точної передачі таких малих імпульсів між електродом і шкірою пацієнта наноситься спеціальний гель, який гарно проводить електричний струм.

Після отримання графіків активності мозку, завдання спеціаліста проаналізувати цю активність і зробити висновок про стан мозку пацієнта, від кваліфікації спеціаліста залежить точність та правдивість отриманих результатів та висновків по ним.

Метод дослідження електроенцефалографом має дуже багато переваг порівняно з іншими процедурами. Цей метод не має обмежень на кількість проведення процедур, а також не обмежений за віком, станом здоров'я, оскільки він є абсолютно нешкідливим для пацієнта, це дає йому дуже велику перевагу над іншими методами. Як правило цей метод використовують для обстеження, та завчасного реагування та лікування ненормальних процесів, які відбуваються у мозку пацієнта.

2.2.2. Методика накладання електродів. В електроенцефалографії для реєстрації електричної активності мозку використовують спеціальні електроди. Їх існує декілька видів (рис. 2.3)

Як правило електроди роблять з хлор-срібним покриттям для захисту від корозії. Вони мають малу ступінь поляризації, та дуже низький перехідний опір. Для закріплення електродів на голові пацієнта використовують спеціальні шоломи в які електроди вставляються або вже вмонтовані.

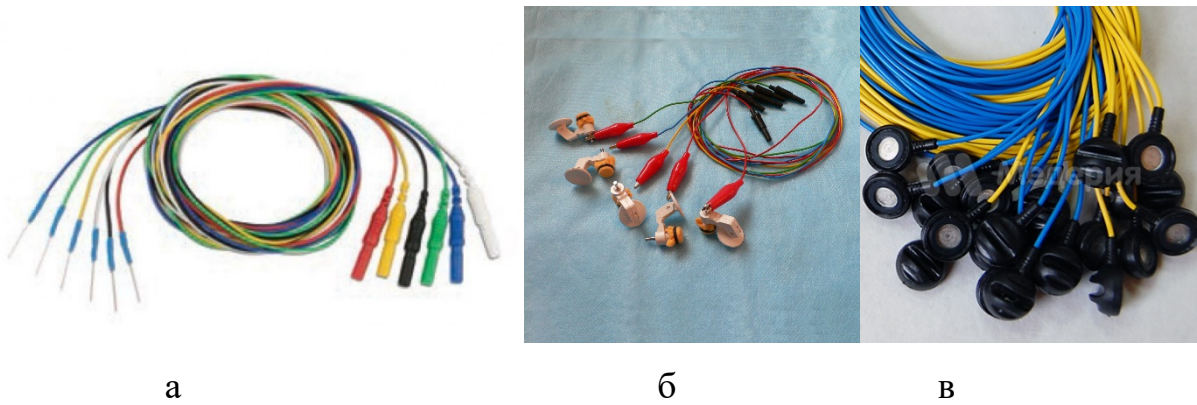


Рис. 2.3. Електроди

а – голкові, б – місткові, в – чашкові

Для кращої передачі сигналів використовують спеціальний гель (електропровідний), або тканину просочену спеціальним розчином.

Існує два основних режими запису ЕЕГ (рис 2.4):

- Монополярний
- Біполярний

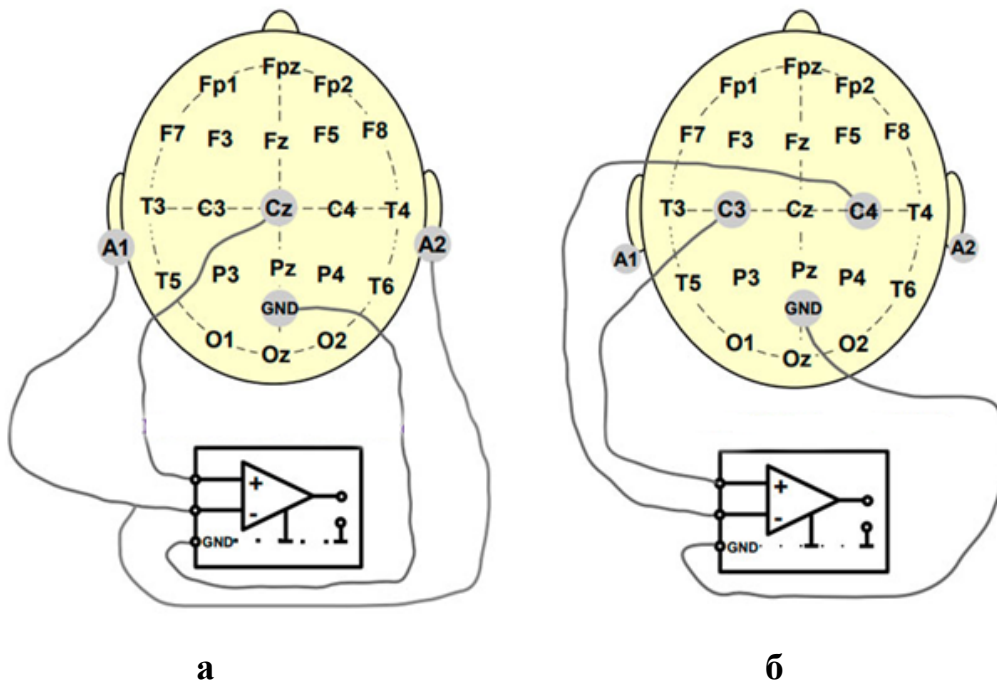


Рис 2.4. Режими запису ЕЕГ:

а – монополярне відведення, б – біполярне відведення

При монополярному відведенні, різницю потенціалів реєструють між двома зонами: електрично активною зоною (в даному прикладі точка Cz), та електрично нейтральною зоною голови (найчастіше - мочки вухей).

При біполярному відведенні, різницю беруть від двох електрично активних зон голови.

Також є багато варіантів розташування електродів на голові у пацієнта. Схема розташування називається **монтажем** електродів. Загальноприйнята міжнародна система розміщення електродів на голові у пацієнта називається «10-20%» (рис 2.5) також є модифікація цієї схеми розміщення «10-10%» (рис 2.6) на більшу кількість електродів.

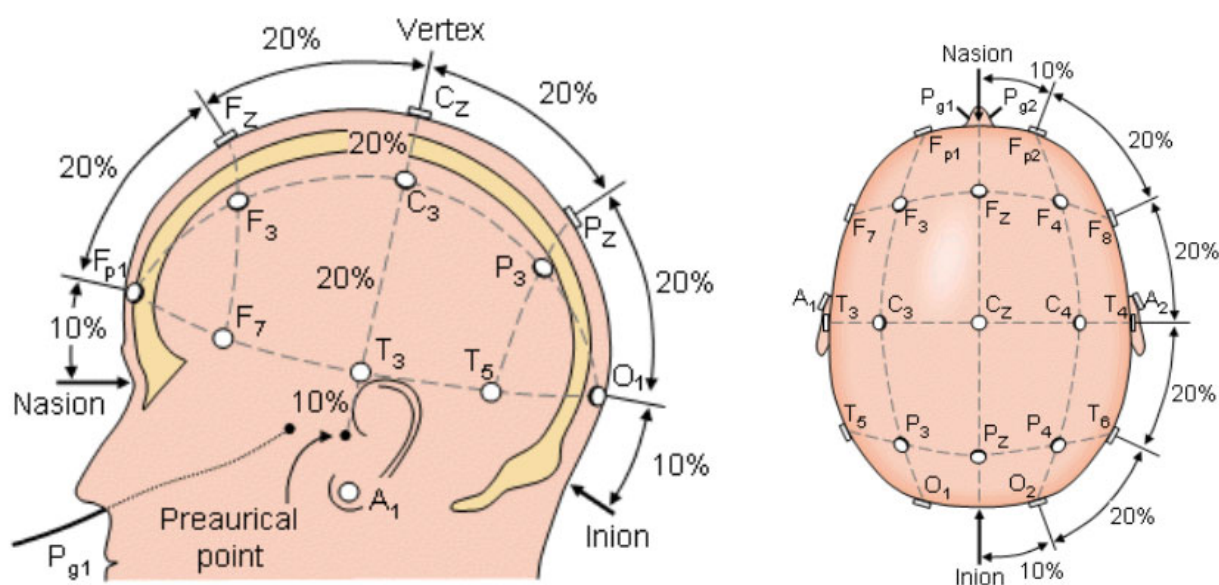


Рис 2.5. Схема розміщення електродів «10-20%»

При розміщенні електродів за схемою «10-20%» використовується 21 електрод. Для того, щоб розмістити електроди за цією схемою, потрібно знати три довжини черепа пацієнта, які знаходяться через п'ять точок (рис 2.5): Nasion, Inion, Vertex, та початок вушних каналів з обох сторін голови Preaurical point.

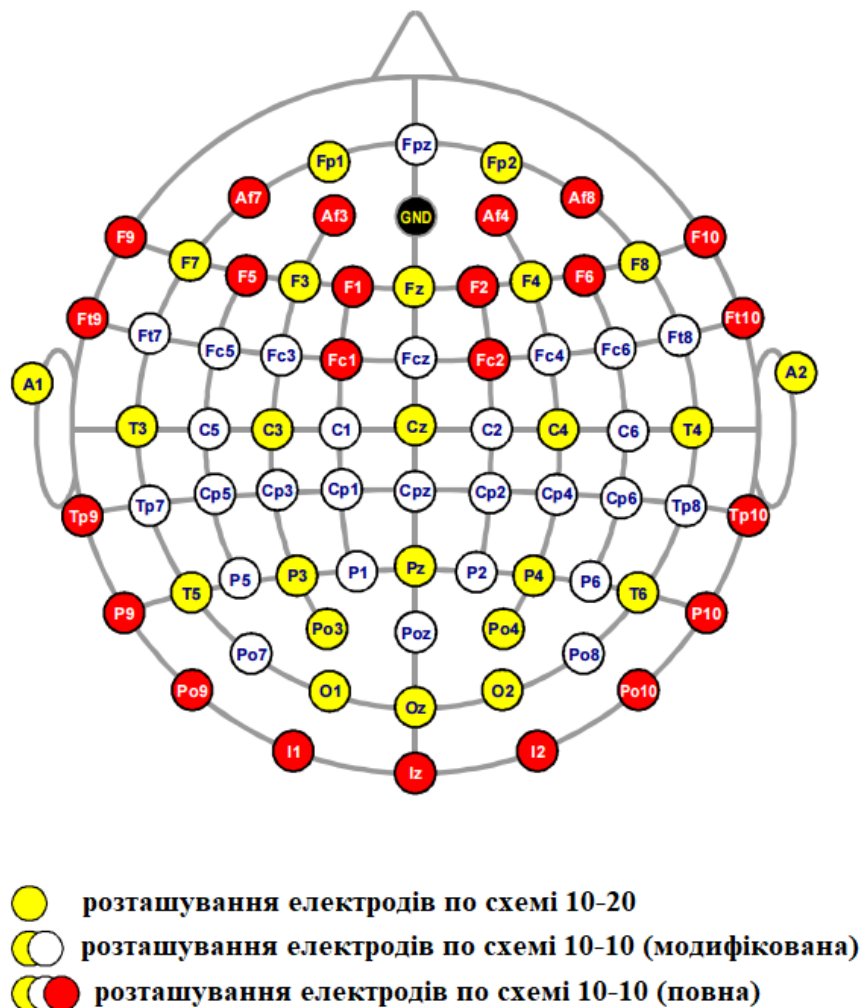
Довжини черепа: відстань між Nasion та Inion; відстань між двома слуховими проходами через точку Vertex; довжина окружності голови.

Далі електроди розміщаються таким чином :

Виміряні довжини діляться на інтервали в 10% та 20% утворюючи сітку на голові у людини, треба мати на увазі, що інтервали 10% знаходяться тільки від точок вимірювання, інші ж інтервали складають 20%. Після утворення сітки на голові пацієнта на перетині ліній ставляться електроди.

Індекси електродам даються таким чином: Всі електроди що знаходяться з правої частини голови отримують індекси в виді парних чисел, всі електроди, що знаходяться з лівої сторони – непарні числа, а електроди, що знаходяться на середній лінії голови отримують індекс «z».

Схема розміщення електродів «10-10%» рахується точно за таким самим методом як і схема «10-20%», але використовується набагато більше електродів (рис 2.6) – 76 шт.



2.2.3. Структурна схема електроенцефалографа (рис 2.7)



Рис 2.7. Структурна схема вимірального контуру електроенцефалографа

Електрод відповідає за реєстрацію електричних ритмів та імпульсів з голови пацієнта. Попередній підсилювач підсилює отриманий від електродів слабкий сигнал для отримання уніполярної складової. Режекторний фільтр відфільтровує шуми і непотрібні складові у сигналі від електродів. Розв'язуючий контур – його функцією є ізоляція сигналу і джерела живлення [8]. Смуга пропускання фільтра лежить у межах 1-20Гц [8]. Підсилювач з коефіцієнтом підсилення 1000 посилює слабкий сигнал, що проходить через фільтр [8]. ЕЕГ – сигнал потрапляє до комп'ютера і оброблюється спеціальною програмою, відцифрований сигнал записується на жорсткий диск, або флешку у вигляді графіку.

2.2.4. Артефакти при записі електроенцефалограми. Нерідко при записі ЕЕГ з'являються так звані артефакти (рис. 2.8) – нечіткості або нетипова поведінка ритмів на графіку. Артефакти при записі можуть бути викликані багатьма причинами.

Їх усі класифікують на дві великі групи :

- Фізіологічні (рух голови, скорочення м'язів голови або тіла, позіхання тощо);
- Технічні (погано закріплений електрод, дзвінок мобільного телефону, електричне поле лінії електропередач, рухливість електроду тощо).

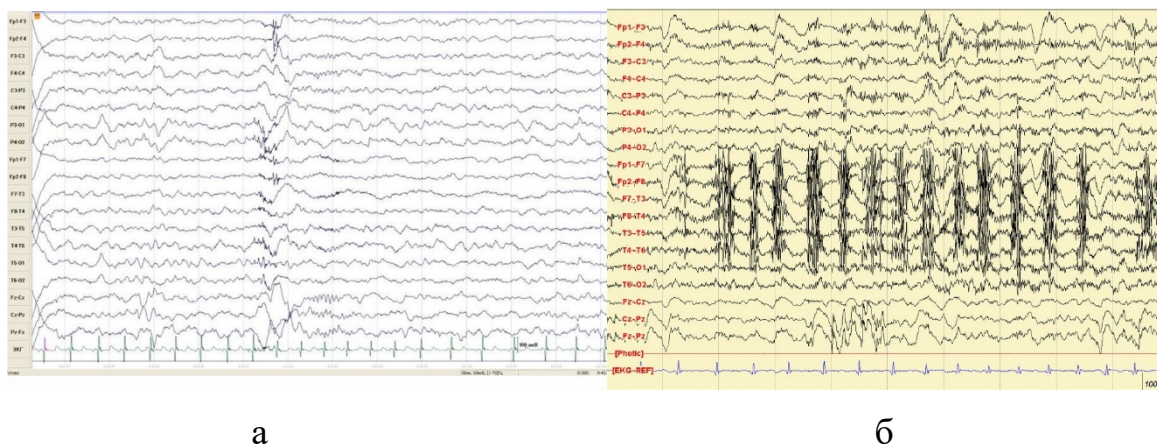


Рис 2.8. Артефакти на ЕЕГ: а – "схлипування"; б – "жування"

Для уникнення фізіологічних артефактів, пацієнт повинен сидіти на спеціальному зручному кріслі і бути в повністю розслабленому стані, щоб не заважати запису ЕЕГ.

Для уникнення технічних артефактів у записі потрібно дуже ретельно підходити до вибору місця проведення електроенцефалографії, та не допускати нічого, що може призвести до спотворення запису.

Сучасні програми для запису ЕЕГ вміють розпізнавати типові артефакти при записі електричних ритмів з електродів і відфільтровувати їх. Але все ж таки бажано слідувати правилам проведення процедури і уникати появи артефактів на записі для кращого результату і точного висновку по даним з ЕЕГ.

2.3. Обробка електроенцефалограми

Для того, щоб виділити на графіку ЕЕГ важливу інформацію і зробити правильні висновки по діагностиці, графік ЕЕГ піддається аналізу. При аналізі враховують такі параметри як: амплітуда сигналу, частота коливань, фаза, також між собою порівнюються різні канали графіку.

На сьогоднішній день автоматизовані програми формують опис ЕЕГ за певними ознаками і за бажанням лікаря можуть пропонувати певні заключення

або діагнози для пацієнта, проте остаточний діагноз виносить лікар, або спеціаліст

Аналіз графіків саме комп'ютерною програмою має ряд своїх переваг над «ручним» аналізом графіків ЕЕГ. Використання програмою математичних численних методів аналізу відкриває набагато більше можливостей в аналізуванні електричної активності головного мозку пацієнта.

Більшість комп'ютерних методів аналізу ЕЕГ базується на швидкому перетворенні Фур'є, за допомогою якого отримують спектр сигналу. Зокрема, можна отримати спектр фаз, амплітуд, потужностей тощо.

Найчастіше у аналізі ЕЕГ використовують саме аналіз спектру потужності сигналу (рис 2.9).

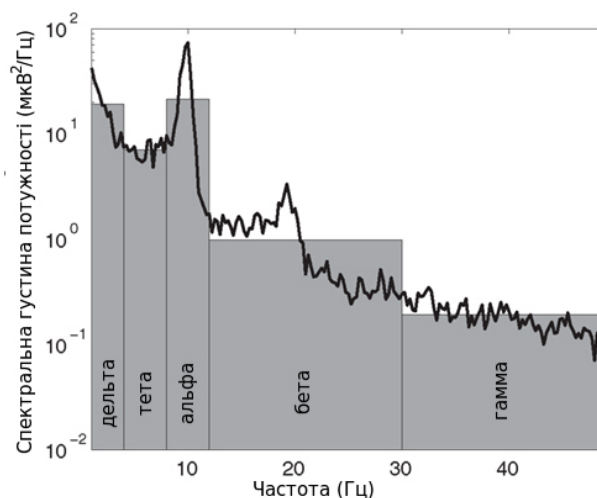


Рис 2.9. Спектральна щільність потужності ритмів

У більшості досліджень являють інтерес не значення густини спектральної потужності певних дискретних частот ряду Фур'є, а сумарна спектральна потужність коливань у певному частотному діапазоні. Межі частотних діапазонів можуть співпадати із традиційними (альфа, бета, тета, дельта), або ж бути довільними – залежно від мети конкретного дослідження. Спектральна потужність певного діапазону визначається як площа під кривою спектральної потужності, обмежена лініями мінімальної і максимальної частот вказаного діапазону. [9]

Обчислення спектру потужності ЕЕГ дозволяє оцінити такий параметр організації ЕЕГ як рівень локальної синхронізації. У загальному випадку під синхронізацією розуміють зростання у сигналі частки гармонічних коливань певної частоти. У випадку здорової притомної людини синхронізація проявляється у збільшенні амплітуди і часу реєстрації альфа ритму. На відміну від цього, обернений процес «десинхронізація» - пов'язаний із зростанням частки швидких коливань і зменшенням частки основного ритму спокою. Інший показник рівень дистантної синхронізації відображає ступінь узгодженості у часі двох різних сигналів, тобто сигналів двох просторово відокремлених точок (монополярних відведень). За класичними уявленнями високий рівень синхронності електричних процесів, які відбуваються у просторово відокремлених ділянках головного мозку, розглядається як умова встановлення між цими областями функціонального зв'язку, тобто ефективної передачі від одної мозкової структури до іншої збудження або ж гальмування. Існує кілька математичних методів встановлення рівня дистантної синхронізації сигналу двох відведень. Найбільш простим є обчислення коефіцієнта лінійної кореляції сигналів двох відведень. Більш точну інформацію щодо організації спільної для двох відведень електричної активності може дати кроспектральний і когерентний аналіз ЕЕГ. За допомогою цих показників можна виявити високий ступінь синхронності коливань двох відведень навіть при їх невеликій потужності. Графік спектра когерентності як правило характеризує високу синхронність на одних частотах і низьку на інших, причому, конкретний "рисунк" цієї залежності є досить мінливим у часі.[9]

Ще один дієвий метод який застосовується для аналізу ЕЕГ називається ICA (Independent Component Analysis) (рис 2.10).

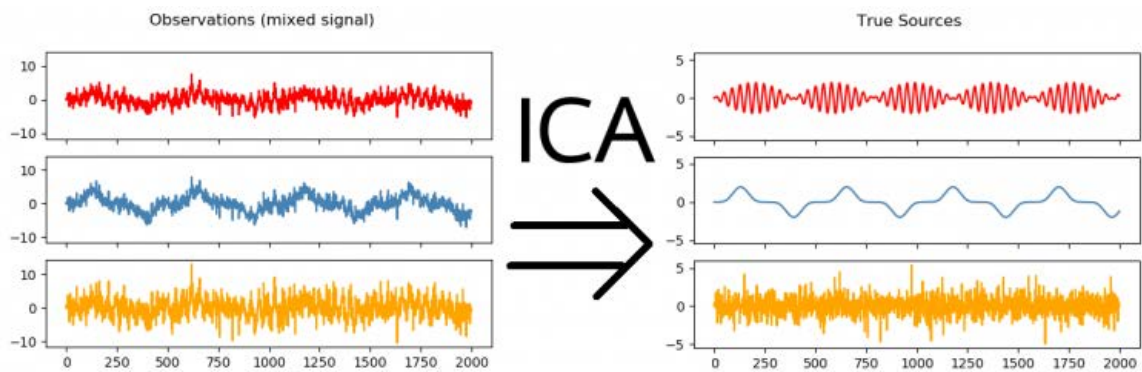


Рис 2.10. Independent Component Analysis

Цей метод базується на аналізі відокремлених компонентів сигналу з кожного електроду. Лікаря можуть цікавити окремі результати з кожної ділянки головного мозку для більш точного аналізу ЕЕГ. Цей метод був розроблений наприкінці 20-ого століття. Даний метод є одним з найперспективніших методів аналізу ЕЕГ.

За допомогою обробки сигналів алгоритмом ICA і розділенню їх на окремі компоненти, з'являється можливість аналізу сигналів від окремих електродів з артефактними або паталогічними сигналами.

Завдяки цьому з'являється можливість усунення артефакту з графіку ЕЕГ якщо він являється технічним (наприклад поправити конкретний електрод, якщо він відстає від шкіри голови) або зробити детальніші дослідження області голови в якій є паталогічна активність.

Також в результаті роботи алгоритму ICA ми отримаємо на виході сигнали незалежних компонентів або джерел ЕЕГ (число яких обмежено числом реєструючих електродів) і матрицю перетворення, тобто коефіцієнти, з якими сигнали компонентів входять до сигналів кожного з відведень. Надалі сигнали компонентів можуть бути піддані будь-яким методам математичного аналізу. Виконавши інше перетворення – перемноживши сигнали компонентів на коефіцієнти матриці ми отримуємо вихідний сигнал ЕЕГ [9].

2.4. Висновки

1. Виділяють чотири основних ритми головного мозку :

- Альфа 8-12 Гц
- Бета 14 – 40 Гц
- Тета 4-6 Гц
- Дельта 1-4 Гц

Альфа ритм – основний ритм, відповідає за стан активного неспання, більше всього виявляється при закритих очах. Реєструється у 85-95% здорових людей.

Бета ритм – провідний ритм активного безсоння, пов'язаний з соматичними, сенсорними, руховими механізмами і дає реакцію на рухову або тактильну стимуляцію.

Тета ритм – пов'язаний з рефлексивною діяльністю людини і реєструється при реагуванні людиною на зміни в навколишньому середовищі. Є провідним ритмом фази швидкого сну.

Дельта ритм – виявляється при тривалій розумовій роботі або стресі, є провідним ритмом глибокого сну, або коми.

2. Існує декілька методик та схем запису ЕЕГ

Методики накладання електродів :

- Монополярна
- Біполярна

Схеми накладання електродів :

- « 10 – 20% »
- « 10 – 10% »

3. При записі ЕЕГ можуть виникати деякі артефакти, які поділяються на фізіологічні та технічні.

Фізіологічні артефакти пов'язані з рухами людини, під час запису ЕЕГ, технічні, в свою чергу, залежать від правильних умов і дотримання правил запису ЕЕГ.

4. Існує декілька основних алгоритмів для обробки ЕЕГ

Більшість комп'ютерних аналізів базується на швидкому перетворенні Фур'є, за допомогою якого отримують спектр сигналу.

Ще один дієвий метод обробки називається ІСА – метод базується на аналізі відокремлених компонентів сигналу кожного з електродів.

РОЗДІЛ 3

КЕРУВАННЯ ФІЗІОЛОГІЧНИМИ ТА ПСИХОЛОГІЧНИМИ СТАНАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ АКУСТИЧНИХ ВПЛИВІВ

3.1. Музична терапія

Музика – це один з видів мистецтва, при якому, людина організовує акустичні сигнали таким чином, щоб це відповідало її естетичним вподобанням. Історія музики відносить нас дуже давно. Ще споконвіку люди використовували тупання ногами, хлопки руками для відтворення різних ритмів – все це можна, в певній мірі назвати музикою. Виділення музики як окремого виду мистецтва відбулося у середньовіччя, тоді у міфах різних культур почали писати про музику, як про неймовірну силу, за допомогою якої можна зцілювати людей, керувати природою тощо. Ще тоді люди вже задумалися про цілющі властивості музики.

У сучасному світі людина стикається з музикою на кожному кроці: концерти, радіо, музика в кафе, музика в машині, на вулиці, на робочому місці. Також люди часто її слухають під час роботи, навчання, відпочинку, щоб розслабитись, або навпаки зосередитися. Всі ці властивості музики, які ми використовуємо у повсякденному житті, також використовують і для лікування людей, або підтримання їх нормального психологічного, або фізичного стану.

Музична терапія – це процес за допомогою якого, людина може регулювати психосоматичні функції свого організму за допомогою різних акустичних сигналів. Цей комплекс методів направлений на покращення здоров'я пацієнта шляхом прослуховування ним різноманітних музичних композицій.

3.1.1. Особливості сприйняття і обробки музики людиною. Процес сприйняття музики включає три стадії – стадію елементарного сприйняття слухового музичного стимулу, стадію структурного аналізу музики на

елементному (висота, інтенсивність, ритм, тривалість і тембр) і спеціалізованому (виділення фраз, характеру і теми) рівнях, і стадію ідентифікації музичного твору. За кожен з цих стадій відповідають різні кортикальні центри. [10]

Наприклад, за розпізнавання музики відповідає система музикальної пам'яті, яка розташована у правому гіпокампі, правій верхній скроневій борозді, та лівій нижній лобовій звині. [10]

Особливий інтерес представляють собою фізіологічні реакції людини, такі як: підвищення пульсу і прискорене дихання як відповідь на музику з різним темпом та ритмом. Було встановлено [10], що підвищення пульсу, та ритму дихання напряду залежать від темпу та ритму музики. Музика з великою швидкістю темпу, чітким ритмом і уривчастим стилем виконання викликала у слухачів більш глибоке та часте дихання та підвищений пульс. Дослідники зробили висновок, що ритм і темп музики і являються основними збудниками фізіологічних реакцій в організмі людини.

Інші дослідники [11] довели, що реакція на ритм музики спостерігається, ще у немовлят, і це є вродженою здатністю людини. При прослуховуванні музики, діти проявляли не тільки активність слухової зони, а і моторної, що вказує на вроджений зв'язок між цими двома зонами. Деякі вчені вважають, що основні слухові реакції на ритм в музиці, еволюційно формувалися на базі моторних реакцій людини.

Дуже багато вчених зацікавилися ефектами музики і почали ставити експерименти, щоб дізнатися, як за допомогою музики можна покращити продуктивність роботи людини.

Дуже велика увага приділялася ролі музичного супроводу під час роботи людини. У літературі описується багато випадків, коли зміна ритму та темпу музики не впливала на якість заучування матеріалу. І в той же час є роботи, де описується підвищення продуктивності людини, під час прослуховування певних композицій, наприклад Моцарта.

Більш конкретні дані були отримані вченими, коли людина сама могла вибрати музику, яку вона буде слухати при певній її діяльності. Було встановлено, що при виборі людиною музики, яка їй подобається, спостерігалися позитивні ефекти на її продуктивність, незалежно від роду її занять.

3.1.2. Музика та емоції. Основною функцією музики є передача емоцій слухачу. В залежності від того, яке емоційне забарвлення має музика у людини будуть виникати різні емоції. Музика може викликати у людини дуже сильну ейфорію, збудження так і навпаки депресію та сум.

Одним з інтенсивно досліджуваних останнім часом питань є аналіз ефектів, викликаних прослуховуванням музичних творів з різним емоційним забарвленням. Наприклад, особливості сприйняття такої емоційної характеристики музики, як мажорна або мінорна тональність, були досліджені за допомогою функціонального магнітно-резонансного відображення. Показано, що в оцінку тональності залучені лобові і таламічні структури мозку. У стресових умовах розумової втоми від виконання творчих когнітивних завдань прослуховування мажорної музики призводило до більш успішного придушення стресу, ніж мінорної.[10]

Найбільша увага приділяється з'ясуванню особливостей сприйняття радісної або сумної музики. Так, встановлено, що розпізнавання радісного або сумного характеру музичних фрагментів залучає підкіркові і неокортикальні структури мозку, які специфічні для регуляції емоцій при сприйнятті стимулів багатьох модальностей. Стан радості або печалі, індуковані класичною музикою, знаходять відображення в інтегрованій активації цілого ряду структур – вентрального і дорсального стріатуму, що беруть участь в регуляції підкріплення і руху, передньої цінгулярної кори, що здійснює контроль направленої уваги, і медіальних скроневих зон кори, традиційно відповідаючих за оцінку і регуляцію емоцій. [10]

3.1.3. Клінічні ефекти прослуховування музики. Музична терапія (МТ) може позитивно впливати на покращення психічного та фізичного здоров'я пацієнта. Один з дуже важливих факторів, що дає змогу користуватися музикою для поліпшення стану людини – це факт, що музика привертає увагу на себе. Це дає змогу людині відволіктись від негативних переживань, болю, занепокоєнь, та ін.

Цей факт лежить у основі майже всіх музикотерапій, для подавлення болю, зняття стресу тощо. Клінічні дослідження показали, що прослуховування музики після великого стресу або переживань допомагає значно покращити стан пацієнта та знизити низькочастотні ритми ЕЕГ. Дослідження в цій області показали, що при проведенні процедур при яких пацієнт відчував біль, музикальна терапія допомагала знизити відчуття болю та тривоги, музика виявилась ефективним нелікарським способом для знеболення та подавлення напруги у пацієнта.

Також активно музикотерапію використовують при реабілітації пацієнта. Це зв'язано з тим, що при прослуховуванні музики у пацієнта активно задіюються моторні, вербальні, та зорово-просторові механізми, що стимулюють роботу мозку та нормалізують його функції, що потребують реабілітації.

Показано, що використання музикотерапії після інсульту мозку, допомагає набагато швидше реабілітуватися та призводить до значного покращення моторних функцій.

3.2 Адаптивне біокерування зі зворотнім зв'язком

У сучасному світі людина постійно стикається зі стресом. Це може бути економічні кризи, техногенні або природі катастрофи, стрес через якісь особисті стосунки та ще багато факторів. Всі ці фактори дуже впливають на психологічне здоров'я людини та можуть визивати такі порушення здоров'я як: порушення сну, головні болі, погіршення самопочуття, та поява невротичних реакцій. При постійному впливі стресових факторів на людину, це може

перерости в серйозні порушення психологічного здоров'я, погіршення імунітету а як наслідок частої захворюваності.

При медикаментозному втручанні для покращення стану людини може виникати порушення когнітивних функцій людини а також викликати звикання.

На цій підставі дуже великим попитом користуються методи в яких не використовують медикаментозне втручання. Такі методи направленні на комплексне лікування пацієнта та своєчасне запобігання розвитку психологічних хвороб та розладу когнітивних функцій людини а також їх реабілітацію.

Окрім МТ в останні роки активно розвивається ще один напрямок – адаптивне біокерування функціями зі зворотнім зв'язком (БОС).

Як ми вже казали вище, МТ – це система психосоматичної регуляції функцій організму людини за допомогою музико-акустичних впливів. [12]

БОС – це метод який базується на тому, що за допомогою звуку або світлових сигналів пацієнту надається інформація про певний ЕЕГ-ритм у його мозку з метою його усвідомленого контролювання пацієнтом для досягнення певних лікувальних ефектів.

Цей метод на відміну від інших, завдяки зворотному зв'язку, базується на дуже тісній взаємодії пацієнта з його ЕЕГ ритмами мозку, а отже має максимально індивідуальний підхід до кожного пацієнта і його активні дії для покращення свого стану. Дані ефекти досягаються за допомогою властивостей мозку до глобальних перебудов у зв'язках між нейронними мережами та мікроструктурних змін білої та сірої речовини мозку [12].

Дослідним шляхом було доведено, що даний метод допомагає корегувати стан стресу, тривоги, депресії, покращити показники пам'яті та уваги, а також здійснювати корекцію великого спектру функціональних порушень центральної нервової системи [12].

Не зважаючи на безсумнівні переваги даних методів, вони мають ряд недоліків. Головним недоліком МТ є адекватний підбір музики для пацієнта, оскільки особисті вподобання пацієнта до певної музики модулюють

нейрональні відповіді на певні емоції, може бути дуже складно підібрати таку музику, щоб підвищити ефективність лікувальних процедур.

Головним недоліком БОС, не дивлячись на його індивідуальний підхід до кожного пацієнта, є велика складність усвідомлення та використання зворотніх ритмів ЕЕГ для покращення свого функціонального стану. Складність полягає в тому, що еволюційно біопотенціали ЕЕГ не передбачені для того, щоб ними усвідомлено керувати, це пов'язано з тим, що існує певний бар'єр між свідомістю людини і центральними механізмами регуляції. Для подолання цього порогу, треба проводити велику кількість занять та тренувань.

Тобто при використанні МТ головною проблемою є індивідуальний підхід до кожної людини, в БОС же навпаки, при максимальній індивідуальності підходів до кожного пацієнта, проблемою являється усвідомлення та активне використання ритмів.

Тоді у вчених виникла принципово нова ідея об'єднання цих двох методів для мінімізації їх недоліків і примноження їх переваг.

У літературі з'являється такий термін як «музика мозку». Вперше цей метод був використаний для лікування безсоння. Метод полягає в реєстрації ЕЕГ пацієнта під час його сну. Далі його біопотенціали трансформують у музику і записують на касету/диск. При прослуховуванні певних фрагментів запису, скорочується час засипання, покращується якість сну та збільшується час сну.

Далі, з розвитком технологій, з'явилася можливість реєстрації і використання ритмів ЕЕГ у реальному часі.

Одним з перших був використаний підхід при якому використовувалися класичні музикальні твори при записі ЕЕГ. Коли альфа-ритм знаходився у нормальних межах для здорової людини грала класична музика. Як тільки ритм починав переходити межу класична музика виключалася. Пацієнту було запропоновано зробити так, щоб музика грала без зупинок. Цей підхід був гібридом МТ та БОС. Пред'явлення пацієнту класичної музики в зв'язці з його

альфа ритмом призводило до значного зменшення стресу, та позитивної динаміки змін у емоційному стані людини.

Через певний час сформувався ще один метод під назвою ЕЕГ-акустичної корекції станів. В цьому методі не використовуються заздалегідь підготовлені музикальні твори, замість цього електричні біопотенціали ЕЕГ пацієнта, за допомогою певних програмних алгоритмів, трансформуються у музикоподібні акустичні сигнали. Пацієнт в реальному часі слухає музику, яка була зроблена на основі його ритмів ЕЕГ.

Особливістю даного методу є те, що пацієнту не потрібно докладати зусиль до нормування своїх ЕЕГ ритмів, йому просто потрібно слухати цю мелодію. За допомогою даного методу вдалося регулювати функціональний стан людини та корегувати афективні розлади.

3.3 Ефект Моцарта

У 1993 році Раушер зробив дивовижне твердження, що після прослуховування сонати Моцарта для двох фортепіано (K448) протягом 10 хвилин, звичайні люди показали значно кращі просторові навички міркування, ніж після періодів прослуховування інструкції релаксації, призначеної для зниження кров'яного тиску або тиші. Середні значення просторового IQ були на 8 і 9 балів вище після прослуховування музики, ніж в двох інших умовах. Підсилюючий ефект не перевищував 10-15 хвилин. [13]

Ці результати виявились доволі суперечливими. Багато дослідників намагались відтворити даний ефект від сонати Моцарта K448 але тільки деяким з них це вдалося – прослуховування даної сонати справді підвищувало просторові навички піддослідних, які були виміряні спеціальними тестами.

Раушер наголосив на тому, що ефект Моцарта носить тимчасовий характер і не підвищує загальний рівень інтелекту. Як вважав Раушер деякі негативні результати дослідників могли бути визвані недотриманням деяким правилам проведення експерименту.

Велика кількість вчених не погоджувалися з ефектом Моцарта і вважали що такий ефект напряду залежить від збудження під час прослуховування музики, яка подобається. Проте експерименти які були проведені на тваринах доводили зовсім інше.

Експерименту піддавалася група щурів. Щури піддавалися внутрішньоутробному розвитку, після якого протягом 60 днів після пологів, для них грала така музика: фортепіанна соната Моцарта K448, мінімалістська музика композитора Філіпа Гласса, білий шум або тиша. Потім було перевірено їх здатність пройти лабіринт. Група Моцарта завершила тестування лабіринту значно швидше і з меншою кількістю помилок, ніж в трьох інших групах; таким чином, задоволення і музичне сприйняття навряд чи послужили основою для даного ефекту.[13]

Багато експериментів ставили над дорослими людьми. Але ефект залишався невеликим на 10-15 хв після прослуховування сонати.

Згодом вчені почали проводити експерименти на дітях дошкільного віку (3-4 роки), щоб дізнатися чи можливий довгостроковий ефект, для покращення просторових навичок. Експеримент полягав в тому, що дітям протягом шести місяців давали уроки гри на клавішних інструментах а також вчили основам музики. В кінці експерименту діти могли зіграти прості мелодії Моцарта та Баха, пройшовши тест на просторово-часове міркування. Тести показали, що діти, які займалися уроками гри на клавішах показали значно кращі результати (приблизно на 30%) ніж діти, які проходили ці уроки онлайн або взагалі нічого не вчили. Цей ефект тривав приблизно 24 години без змін.

Були спроби дослідити закономірності електричного розряду областей мозку після впливу музики. В одному дослідженні прослуховування сонати Моцарта K448 протягом 10 хвилин, на відміну від прослуховування короткого оповідання, призвело до посилення синхронності правої лобної та лівої скронево-тім'яної області мозку, цей ефект зберігався протягом 12 хвилин. Прослуховування сонати також супроводжувалося збільшенням потужності бета-спектра електроенцефалограми в правій скроневій, лівій скроневій і правій

лобної області. У подальшому дослідженні прослуховування музики (не музики Моцарта) також призвело до більшої бета-потужності. [13]

Набагато цікавіші результати ефект Моцарта показав при лікуванні епілепсії. Досліди показали, що майже серед всіх піддослідних під час прослуховування сонати Моцарта K448 дуже сильно падала епілептична активність.

Щоб визначити, чи може ця музика надавати більш тривалий ефект, дослідження були проведені на восьмирічній дівчинці з особливо важкою формою дитячої епілепсії, синдромом Леннокса-Гасто, з багатьма нападами, що супроводжуються двосторонніми спайки-хвильовими комплексами і виділення з правої задньої скроневої області, як показувало ЕЕГ . Соната Моцарта виконувалася кожні 10 хвилин протягом кожної години дня, коли вона не спала. В кінці періоду неспання число клінічних нападів зменшилася з 9 протягом перших чотирьох годин до одного протягом останніх чотирьох годин, а кількість секунд, протягом яких відбулися загальні виділення, зменшилася з 317 до 178. На наступний день число нападів було два за сім з половиною годин.

Комп'ютерний аналіз творів Моцарта показав, що дана музика має високу ступінь тривалої періодичності, особливо в діапазоні 10-60 с. Передбачається, що музика з високим ступенем довготривалої періодичності, будь то Моцарт або інші композитори, буде резонувати в мозку, щоб зменшити активність захоплення і поліпшити просторово-часові характеристики. [13]

Тобто ефект Моцарта – це ефект який виділяється у піддослідних при прослуховуванні сонати Моцарта K448 і полягає в тому, що просторові навички піддослідних підвищуються на період в 10-15 хв. Ніякого постійного ефекту підвищення інтелекту даний ефект не несе.

Поки що дослідники не змогли повністю дізнатися через що саме ця музика дозволяє добитися такого ефекту і як цей ефект можна продовжити на більший інтервал часу.

3.4. Висновки

1. Музична терапія – це процес за допомогою якого, людина може регулювати психосоматичні функції свого організму за допомогою різних акустичних сигналів. Цей комплекс методів направлений на покращення здоров'я пацієнта шляхом прослуховування ним різноманітних музичних композицій.

При прослуховуванні музики виділяються такі фізіологічні процеси у людини: глибоке та часте дихання, підвищення пульсу.

Основною функцією музики є передача емоцій слухачу. В залежності від того, яке емоційне забарвлення має музика у людини будуть виникати різні емоції. Музикотерапія може позитивно впливати на покращення психічного та фізичного здоров'я пацієнта.

2. Адаптивне біокерування функціями зі зворотнім зв'язком – це метод який базується на тому, що за допомогою звуку або світлових сигналів пацієнту надається інформація про певний ЕЕГ-ритм у його мозку з метою його усвідомленого контролювання пацієнтом для досягнення певних лікувальних ефектів.

3. ЕЕГ-акустична корекція станів – це метод в якому електричні біопотенціали ЕЕГ пацієнта, за допомогою певних програмних алгоритмів, трансформуються у музикоподібні акустичні сигнали. Пацієнт в реальному часі слухає музику, яка була зроблена на основі його ритмів ЕЕГ.

4. Ефект Моцарта – це ефект який проявляється у піддослідних при прослуховуванні музики Моцарта полягає в тому, що просторові навички піддослідних підвищуються на період 10-15 хв. Також було доведено, що ефект Моцарта значно зменшує епілептичну активність.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ПІД ДІЄЮ РІЗНИХ МУЗИЧНО-АКУСТИЧНИХ ВПЛИВІВ

На сьогоднішній день дуже багато лікарів та спеціалістів звертаються саме до музичної терапії для лікування або реабілітації пацієнтів неінвазивними безпрепаратними методами. Цей інтерес обумовлений тим, що музична терапія на відміну від лікування пацієнта певними препаратами не має побічних ефектів, абсолютно нешкідлива та є відносно недорогою. Тому для лікарів дуже важливо розуміти наскільки сильно музика може впливати на людину і які саме механізми та ефекти може викликати музика в організмі людини. Також дуже важливим питанням є те, яка саме музика може викликати позитивні або негативні ефекти в організмі.

Сьогодні у світі існує безліч жанрів музики, які є дуже популярними і мають свій великий пласт аудиторії, яка слухає той чи інший жанр.

Нижче розглянемо найпопулярніші жанри музики та короткі відомості про них.

- **Рок**

Цей жанр в музиці з'явився дуже давно (приблизно в 30-х роках минулого століття). В свою чергу виділяють дуже багато піджанрів – хард рок, поп-рок, панк-рок тощо. В першу чергу рок-музика характеризується своєю ритмічністю та динамічністю.

- **Поп**

Цей жанр включає в себе цілу низку інших жанрів. Для поп-музики характерні такі риси як: простота мелодій і куплетів, ритмічність (оскільки дана музика пишеться для танців), основою поп-музики являється голос виконавця та текст пісні.

- **Реп**

Характерною рисою цього жанру є текст пісні (речитатив) який виконується під певний ритм (біт). Даний жанр часто використовується елементом в інших жанрах таких як рок, поп та ін.

- **Хіп хоп**

Жанр дуже схожий з репом, проте замість біту найчастіше використовують електронні танцювальні мелодії.

- **Народна музика**

Даний жанр складається з музики та пісень, які передавалися з покоління в покоління і розповідають про певні історії або події тих часів. Зазвичай виконуються хором або одною людиною під легкий інструментальний супровід.

- **Електронна музика**

Цей жанр в музиці включає в себе безліч інших жанрів та піджанрів. Даному жанру характерна мелодія яка синтезується за допомогою комп'ютерів без використання певних інструментів. Мелодія є дуже ритмічною та, як правило, танцювальною.

Кожен з цих жанрів має певну характерну рису і особливість у виконанні. Вчені довели [17], що прослуховування музики може впливати на діяльність центральної нервової системи людини, на параметри дихання, кровообігу, газообміну на емоційну та когнітивну сфери людини.

Від жанру музики також залежить вплив цієї музики на людину, при прослуховуванні музики різних напрямків вона може як збільшити так і знизити рівень тривоги, як підвищити частоту серцевих коливань так і зменшити її. Також певні жанри музики можуть позитивно впливати на розвиток психофізіологічних функцій людини, роботу центральної нервової системи та електричну активність головного мозку, та навпаки викликати розлади в координації рухів, провокувати на агресивні дії та емоційну нестабільність тощо.

Для того щоб дізнатися який жанр в музиці позитивно впливає на психофізіологічні функції людини потрібно провести серію експериментів, з

реєстрацією електроенцефалограми до, під час та після прослуховування певних музичних композицій. Такі експерименти описані зокрема в роботах [17,18].

В дослідженні брали участь три групи людей з різним рівнем агресивності (малої агресивності, середньої агресивності, високої агресивності). Під час експерименту у піддослідних здійснювалася реєстрація ЕЕГ для вимірювання активності їх мозку під час прослуховування музики певного жанру.

За еталонне ЕЕГ бралася те, що знімалося під час психоемоційного спокою пацієнта (в тиші з закритими очима).

Для впливу на піддослідних використовували пісні трьох жанрів: рок, поп, класична (інструментальна) музика.

В якості представника жанру рок-музики була використана пісня Flaw – «Get Up Again», класичної музики – «Музика ангелів» Моцарта, поп-музики – Nelly Furtado feat. Timbaland – «Say It Right»

Група піддослідних складалася з 73 людей, з яких 16 – хлопці і 57 – дівчата віком від 17 до 20 років. [17]

Реєстрація ЕЕГ відбувалася за допомогою накладання електродів за міжнародною схемою «10 - 20%» з монополярним відведенням.

При дослідженні амплітудно-частотних характеристик ЕЕГ було виявлено, що у низькоагресивної групи людей у спокійному стані найбільш високі значення домінантних частот в дельта, альфа, та бета діапазонах. Також у груп піддослідних з середнім та високим рівнем агресивності відмічається найнижчий показник частоти дельта ритму.

4.1. Вплив класичної музики на електроенцефалограму людини

Під час прослуховування класичної музики (Моцарт – «Музика ангелів» (рис 4.1)) групою високоагресивних піддослідних, було зареєстровано значне зниження домінантної частоти у діапазонах альфа-, бета-, тета-ритмів.

У групі піддослідних з середнім рівнем агресивності було виявлено значне зниження домінантної частоти в діапазоні бета ритму та доволі великий приріст у домінантній частоті альфа ритму.

При прослуховуванні даної композиції групою низькоагресивних піддослідних було виявлено різке зростання потужності в діапазоні дельта-ритмів та незначний приріст потужності у діапазонах тета- та альфа-ритмів.

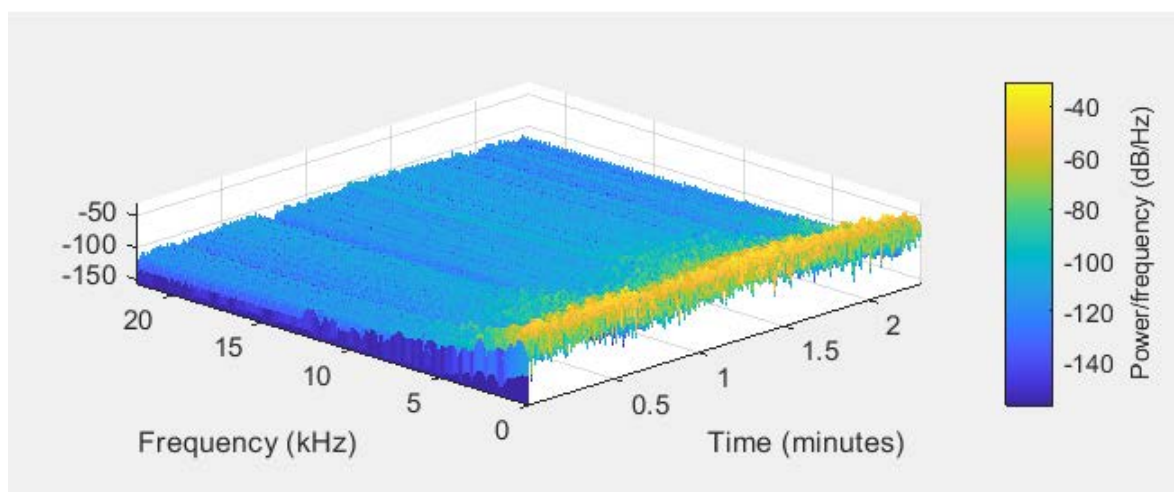


Рис 4.1. Тривимірна спектрограма відрізка фрагменту твору Моцарта «Музика ангелів»

В таблиці 4.1[17] наведені результати зареєстрованих електричних біопотенціалів мозку та їх зміна при прослуховуванні класичної музики.

Таблиця 4.1

Вплив класичної музики на ЕЕГ людини

Ритм	Домінантна частота (Гц)						Потужність ритмів у спектрі (МкВс)					
	НА		СА		ВА		НА		СА		ВА	
	Стан спокою	АВ	Стан спокою	АВ	Стан спокою	АВ	Стан спокою	АВ	Стан спокою	АВ	Стан спокою	АВ
δ	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	64.0	259.4	155.8	104.6	115.4	266.0
θ	5.0	4.8	5.0	4.2	4.4	0.3	12.6	31.2	14.2	10.2	9.4	16.6

α	9.8	8.4	8.8	9.4	8.8	0.8	6.0	16.2	7.8	7.0	7.4	11.6
β (H)	16.2	12.6	14.2	1.0	15.0	1.7	4.6	4.0	2.2	2.2	3.0	3.6
β (B)	22.2	20.2	20.2	1.5	19.6	2.1	7.4	5.8	2.4	1.6	4.0	4.0

HA – низькоагресивні; СА – середньоагресивні; ВА – високоагресивні; АВ – акустичний вплив;

4.2. Вплив рок музики на електроенцефалограму людини

При прослуховуванні рок музики (Flaw – Get Up Again (рис 4.2)) було зафіксовано що у піддослідних з середнім рівнем агресії відбулося зниження потужності бета-ритмів у низькочастотному діапазоні, проте потужність інших ритмів збільшилася.

При прослуховуванні рок-музики групами низькоагресивних та високоагресивних піддослідних було зафіксовано збільшення потужності майже всіх ритмів. Дуже великий приріст в потужності мав дельта ритм серед піддослідних з низькою агресією.

Зміни в домінантних частот для всіх груп піддослідних мають дуже різнопланові зміни, через це не можна зробити якісь конкретні висновки по ним.

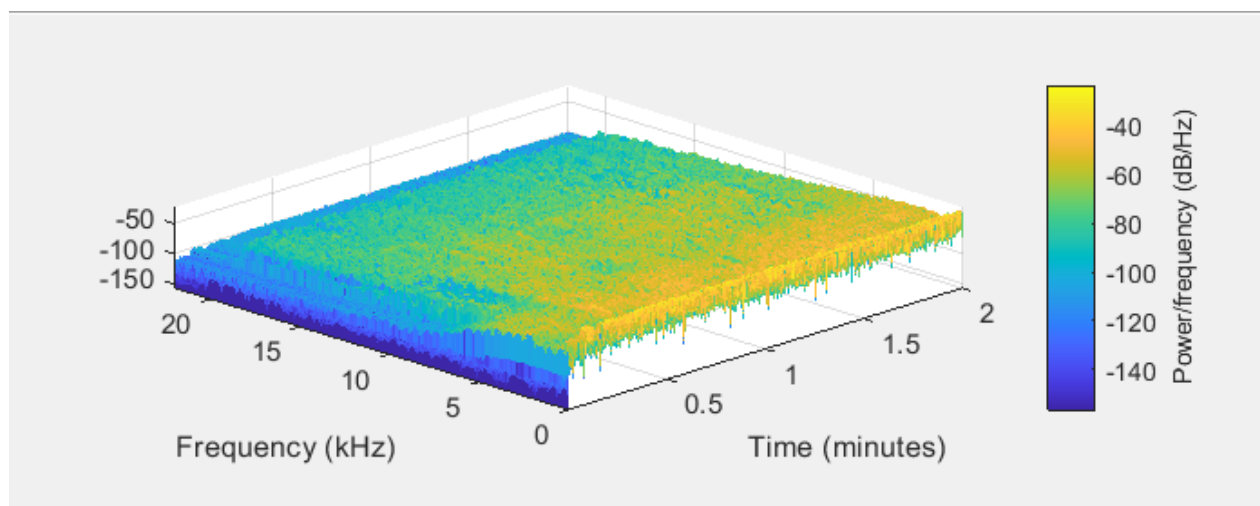


Рис 4.2. Тривимірна спектрограма відрізка пісні Flaw «Get Up Again»

В таблиці 4.2[17] наведені результати зареєстрованих електричних біопотенціалів мозку та їх зміна при прослуховуванні рок музики.

Таблиця 4.2

Вплив рок-музики на ЕЕГ людини

Ритм	Домінантна частота (Гц)						Потужність ритмів у спектрі (МкВс)					
	НА		СА		ВА		НА		СА		ВА	
	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ
δ	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2	0.6	64.0	254.4	155.8	160.2	115.4	132.8
θ	5.0	4.8	5.0	4.4	4.4	5.2	12.6	28.6	14.2	25.4	9.4	10.0
α	9.8	8.8	8.8	9.0	8.8	8.8	6.0	18.8	7.8	8.8	7.4	10.6
β (Н)	16.2	14.2	14.2	13.2	15.0	14.6	4.6	4.8	2.2	2.0	3.0	3.6
β (В)	22.2	20.0	20.2	17.0	19.6	20.4	7.4	5.6	2.4	2.0	4.0	4.2

НА – низькоагресивні; СА – середньоагресивні; ВА – високоагресивні; АВ – акустичний вплив.

4.3 Вплив поп музики на електроенцефалограму людини

При прослуховуванні поп-музики (Nelly Furtado feat. Timbaland – Say It Right (рис 4.3)) майже всі групи піддослідних не мали значимих змін у їх ЕЕГ, виділити можна лише приріст потужності у діапазоні дельта ритму серед піддослідних з низьким показником агресії.

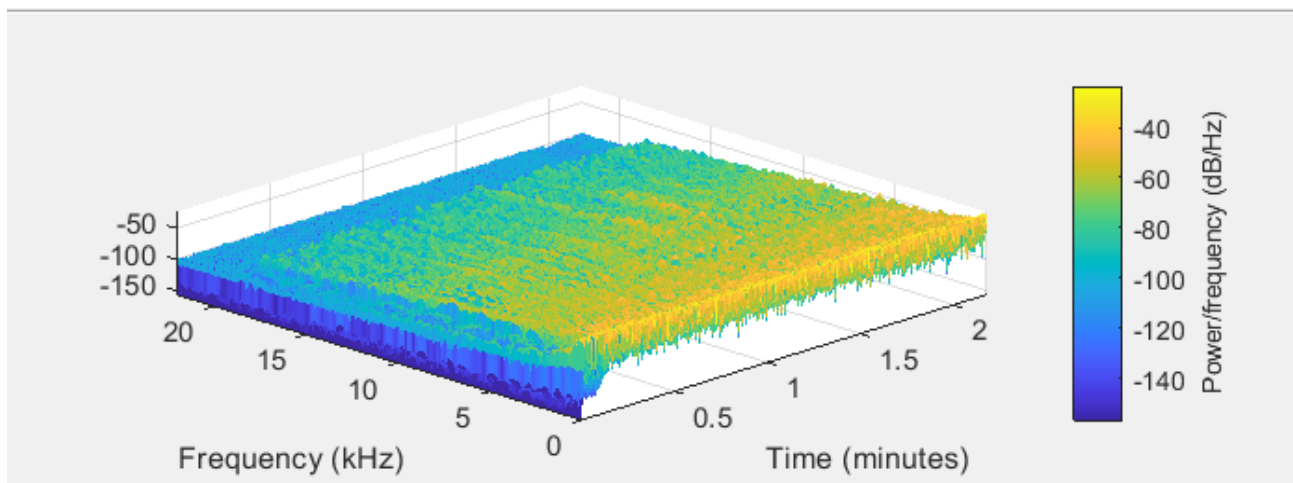


Рис 4.3. Тривимірна спектрограма відрізка пісні Nelly Furtado feat. Timbaland – «Say It Right»

Нижче наведені результати (таблиця 4.3[17]) зареєстрованих електричних біопотенціалів мозку та їх зміна при прослуховуванні поп-музики.

Таблиця 4.3

Вплив поп-музики на ЕЕГ людини

Ритм	Домінантна частота (Гц)						Потужність ритмів у спектрі (МкВтс)					
	НА		СА		ВА		НА		СА		ВА	
	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ	Стан спок.	АВ
δ	0.6	0.0	0.4	0.4	0.2	0.6	64.0	181.4	155.8	157.6	115.4	155.4
θ	5.0	4.4	5.0	4.4	4.4	4.6	12.6	17.0	14.2	16.0	9.4	12.8
α	9.8	9.4	8.8	8.8	8.8	8.6	6.0	12.4	7.8	6.0	7.4	12.0
β (Н)	16.2	15.2	14.2	13.2	15.0	14.6	4.6	5.4	2.2	2.0	3.0	3.8
β (В)	22.2	20.2	20.2	18.0	19.6	19.6	7.4	6.0	2.4	2.0	4.0	4.2

НА – низькоагресивні; СА – середньоагресивні; ВА – високоагресивні; АВ – акустичний вплив.

4.4 Порівняння змін в електроенцефалограмі для класичної музики в ладах мінор та мажор

За результатами досліджень, розглянутих в підрозділах 4.1-4.3 можна зробити висновок, що найбільший вплив на ЕЕГ має саме класична музика. Метою наступного дослідження було порівняння змін ЕЕГ графіків при прослуховуванні класичної музики для одного інструменту, проте написаної у різних ладах: мажор та мінор.

Кожний з цих ладів має своє індивідуальне звучання та емоційне забарвлення, як правило мажорні твори характеризуються як «радісні» та «світлі», а мінорні твори, навпаки, звучать як «сумні» та «темні».

Для дослідження, як саме різні лади впливають на ЕЕГ людини був проведений експеримент.

У експерименті приймало участь 100 людей віком 19-25 років. Для прослуховування було обрано два твори Баха Й.С. «Фа мажор» та «Фа мінор» для клавесин. [18]

Заміри ЕЕГ виконувалися для трьох різних станів піддослідних, а саме:

- До прослуховування музики
- Під час музики
- Після завершення музичного фрагменту

В таблицях 4.4[18] та 4.5[18] наведені результати даного експерименту.

При прослуховуванні музичного твору Баха Й.С. «Фа мінор» було зареєстровано зниження спектральної потужності всіх частотних компонентів ЕЕГ. Не дивлячись на те, що під час прослуховування пісні деякі спектральні потужності мали невеликий підйом, це не змінило загальної картини зниження всіх потужностей.

Таблиця 4.4

Зміни спектральної потужності ритмів ЕГГ (мкВ/Гц) при прослуховуванні «Фа
мінор »

Ритми		До музики	Під час музики	Після музики	Зміни (%)
Альфа	Л	$13,28 \pm 2,41$	$10,14 \pm 1,94$	$10,38 \pm 1,68$	↓ 21,8
	П	$14,23 \pm 2,47$	$11,40 \pm 2,18$	$10,95 \pm 1,94$	↓ 23,0
Бета	Л	$1,47 \pm 0,27$	$1,18^* \pm 0,23$	$1,21^* \pm 0,23$	↓ 17,7
	П	$1,47 \pm 0,26$	$1,18^* \pm 0,22$	$1,20^* \pm 0,23$	↓ 18,4
Дельта	Л	$5,00 \pm 0,88$	$4,40 \pm 0,97$	$4,30^* \pm 0,91$	↓ 14,0
	П	$5,45 \pm 0,90$	$4,87 \pm 0,95$	$4,78^* \pm 1,05$	↓ 12,3
Тета	Л	$6,57 \pm 1,40$	$5,95 \pm 1,17$	$5,93 \pm 1,02$	↓ 9,7
	П	$7,34 \pm 1,54$	$6,81 \pm 1,34$	$6,78 \pm 1,20$	↓ 7,6

Л – ліві відведення голови; П – праві відведення голови;

Таблиця 4.5

Зміни спектральної потужності ритмів ЕГГ (мкВ/Гц) при прослуховуванні «Фа
мажор»

Ритми		До музики	Під час музики	Після музики	Зміни (%)
Альфа	Л	$11,04 \pm 2,85$	$8,33^* \pm 1,87$	$9,94 \pm 1,61$	↓ 10,0
	П	$12,87 \pm 3,60$	$9,09^* \pm 2,04$	$11,27 \pm 3,25$	↓ 12,4
Бета	Л	$1,09 \pm 0,11$	$1,00 \pm 0,12$	$0,91^* \pm 0,09$	↓ 16,5
	П	$1,15 \pm 0,13$	$1,03 \pm 0,13$	$0,96^* \pm 0,09$	↓ 16,5
Дельта	Л	$5,04 \pm 0,61$	$5,06 \pm 0,64$	$4,98 \pm 0,63$	↓ 1,2
	П	$5,66 \pm 0,66$	$5,49 \pm 0,62$	$5,33 \pm 0,67$	↓ 5,8
Тета	Л	$5,23 \pm 0,85$	$5,31 \pm 0,84$	$5,20 \pm 1,92$	↓ 0,6
	П	$6,08 \pm 1,00$	$5,83 \pm 1,00$	$5,71 \pm 1,03$	↓ 6,1

Л – ліві відведення голови; П – праві відведення голови;

При прослуховуванні музичного твору Баха Й.С. «Фа мажор» було зареєстровано зменшення всіх спектральних потужностей для всіх частотних

діапазонів ритмів, проте воно є набагато меншим за результати прослуховування музики мінорного складу.

Дані результати обумовлені тим, що кожен з цих творів мав седативний ефект. Тому як наслідок зменшувалася потужність ЕЕГ ритмів в цілому.

4.5. Висновки

1. Під час прослуховування класичної музики групою високоагресивних піддослідних, було зареєстровано значне зниження доміантної частоти у діапазонах альфа-, бета-, тета-ритмів. У групі піддослідних з середнім рівнем агресивності було виявлено значне зниження доміантної частоти в діапазоні бета ритму та доволі великий приріст у доміантній частоті альфа ритму.

2. При прослуховуванні рок музики було зафіксовано що у піддослідних з середнім рівнем агресії відбулося зниження потужності бета ритмів у низькочастотному діапазоні, проте потужність інших ритмів збільшилася. При прослуховуванні рок-музики групами низькоагресивних та високоагресивних піддослідних було зафіксовано збільшення потужності майже всіх ритмів. Дуже великий приріст в потужності мав дельта ритм серед піддослідних з низькою агресією. Зміни в доміантних частот для всіх груп піддослідних мають дуже різнопланові зміни, через це не можна зробити якісь конкретні висновки по ним.

3. При прослуховуванні поп-музики майже всі групи піддослідних не мали значимих змін у їх ЕЕГ, виділити можна лише приріст потужності у діапазоні дельта ритму серед піддослідних з низьким показником агресії.

4. Найбільший вплив на ЕЕГ має класична музика. Класична музика може бути написана на двох різних ладах: мінорний, мажорний. Кожен з цих ладів має своє емоційне забарвлення. Експерименти показали, що обидва типи класичних музичних творів призводять до зниження спектральної потужності всіх ритмів, проте мажорна музика показала не такі різкі показники зниження спектральної потужності ЕЕГ ритмів.

ВИСНОВКИ

У даній роботі було розглянуто механізм сприйняття людиною звуків. Описано шлях, який проходить звук через орган слуху людини до моменту надходження у головний мозок. Детально вивчена анатомічна будова вуха людини. Приділена увага особливостям перетворення акустичних коливань в електричні імпульси, які далі йдуть через складну систему нервових клітин до нашого мозку. Вивчено особливості бінаурального сприйняття звуку людиною, і механізм орієнтування людиною у просторі.

Наведені основні дані про проведення електроенцефалографічних досліджень. Описані основні ритми, які виділяють у здорової людини при записі електроенцефалограми та особливості даних ритмів. Також, розглянуті основні методики запису та обробки ЕЕГ та артефакти, які можуть виникати під час цього процесу.

Основною метою роботи було дослідження впливу різних музично-акустичних сигналів на активність головного мозку людини. Тому після вивчення основ, які потрібні для правильного розуміння основних методів впливу акустичних звуків на мозок людини, основна увага в роботі була зосереджена безпосередньо на даних методах.

Насьогодні виділяють декілька основних неінвазивних та немедикаментозних методів лікування психофізичного стану пацієнта, або його реабілітації, які були розглянуті у третьому розділі даної роботи. Основний метод, який є базою для досліджень у цій роботі є музична терапія. В даному методі використовують музичні твори різних виконавців, жанрів і т.п. для лікування розладів у нормальному функціонуванні організму людини.

В останньому розділі роботи були розглянуті експериментальні дані досліджень, в яких розглядався вплив різних жанрів музики на активність мозку людини. Як виявилось, найбільш позитивний ефект має класична інструментальна музика, проте треба враховувати музичні вподобання самого піддослідного для максимально гарного ефекту на організм.

В наступному етапі, експериментально досліджувалась класична музика написана на двох різних ладах: мажорний та мінорний.

Результати дослідження показали, що обидва твори мали седативний вплив на піддослідних і як результат при прослуховуванні даних творів ЕЕГ показало зменшення спектральної потужності всіх ритмів. Проте можна сказати, що мажорна (весела за емоційним забарвленням) музика мала менш заспокійливий ефект і менше зменшення спектральної потужності ЕЕГ.

ЛІТЕРАТУРА

1. О.Д. Боярчук АНАТОМІЯ ФІЗІОЛОГІЯ ТА ПАТОЛОГІЯ ОРГАНІВ СЛУХУ ТА МОВИ// Навчальний посібник, 2008.// с. 10 – 18
2. Функціональна анатомія органів чуття [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://slide-share.ru/tema-funkcionalna-anatomiya-organiv-chuttya-274067>
3. Асташко С.Э., Сысоев В.Н., Чудаков А.Ю. Бинауральная синхронизация работы полушарий мозга как эффективный способ коррекции функционального состояния организма военнослужащих// Вестник Российской Военно-медицинской академии, 2007, приложение № 3(19)// с. 1 - 6
4. Электроэнцефалография [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
http://medterms.com.ua/publ/obstezhennja/e/elektroencefalografija_eeg/73-1-0-1371.
5. Газенкамф К.А., Дмитренко Д.В., Шнайдер Н.А., Медведева Н.Н., Николаев В.Г., Романенко А.А., Соломатова Е.С., Яковлева К.Д. ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬФА РИТМА И КОЭФФИЦИЕНТА МЕЖПОЛУШАРНОЙ КОГЕРЕНТНОСТИ КАК МАРКЁРОВ МЕЖПОЛУШАРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ У ЛЮДЕЙ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4.; [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20487>
6. С.М. Злепко, С.В. Павлов, Л.Г Коваль, І.С. Тимчик ОСНОВИ БИОМЕТРИЧНОГО РАДІОЕЛЕКТРОННОГО АПАРАТОБУДУВАННЯ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу :
https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/3zlepko_osnovy_biomedychnogo_radioelektronного_aparatobuduvannya/2.html

7. Вимірювання електроенцефалограми [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу : http://kafvp.kpi.ua/wp-content/uploads/2018/09/%D0%9B%D0%90%D0%91%D0%9E%D0%A0%D0%90%D0%A2%D0%9E%D0%A0%D0%9D%D0%90_%D0%A0%D0%9E%D0%91%D0%9E%D0%A2%D0%90_4_%D0%92%D0%98%D0%9C%D0%86%D0%A0%D0%AE%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%AF.pdf // с. 7 - 8.
8. А.О. Чернінський, С.А. Крижановський, І.Г. Зима ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЯ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ// методичні рекомендації до практикуму. – Київ 2011 – с. 15 - 19
9. А.И. Федотчев , Г.С. Радченко// МУЗЫКАЛЬНАЯ ТЕРАПИЯ И «МУЗЫКА МОЗГА» // Нижегородский государственный университет, Нижний Новгород 2013 г. – с. 2 - 11
10. Winkler I., Haden G.P., Ladinig O. et al. Newborn infants detect the beat in music // Proc. Natl. Acad. Sci USA. 2009. V. 106. № 7. P. 2468–2471.
11. А.И. Федотчев , Г.С. Радченко, А.Т. Бондарь, А.В. Бахчина, С.Б. Парин, С.А. Полевая // МУЗЫКАЛЬНО-АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, УПРАВЛЯЕМЫЕ БИОПОТЕНЦИАЛАМИ МОЗГА, В КОРРЕКЦИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ// Успехи физиологических наук, 2016 г., том 47, №1, - с. 69 – 79.
12. [J R Soc Med.](#) 2001 Apr; 94(4): 170–172. doi: [10.1177/014107680109400404](https://doi.org/10.1177/014107680109400404) **The Mozart effect**
13. Hughes J.R., Daaboul Y., Fino J.J., Shaw G.L. The “Mozart effect” on epileptiform activity // Clin. Elec-troencephalogr. 1998. V. 29. N 3. P. 109–119
14. Jausovec N., Jausovec K., Gerlic I. The influence of Mozart’s music on brain activity in the process of learning // Clin.Neurophysiol. 2006. V. 117. № 12. P. 2703–2714.,

15. *Jenkins J.S.* The Mozart effect // J. R. Soc. Med. 2001. V. 94. № 4. P. 170–172.
16. Букина Д.А. ОСОБЕННОСТИ ЭЭГ У ЛИЦ РАЗНОГО УРОВНЯ АГРЕССИВНОСТИ ПРИ ПРОСЛУШИВАНИИ МУЗЫКАЛЬНЫХ ФРАГМЕНТОВ// Алтайский государственный университет. – с. 1 - 4
17. Конарева И.Н. ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ И ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОСЛУШИВАНИЯ МУЗЫКИ // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского
Серия «Биология, химия». Том 23 (62). 2010. № 1. - с. 40 - 47.